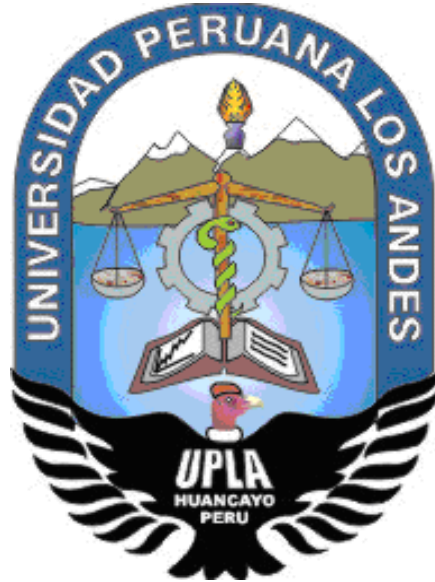


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA C.P. SANTA
ROSA DE CHOPCCA AL C.P. LOS LIBERTADORES –
HUANCAVELICA, SEGÚN LA NORMA DG-2018**

PRESENTADO POR:

Bach. Ignacio Bartolome Jean Carlos

Línea de Investigación Institucional:

Trasporte y Urbanismo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU

2022

CONTRATAPA

Mg. RANDO PORRAS OLARTE
ASESOR

DEDICATORIA

“El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a nuestro divino creador, quien me ha otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de mis metas trazadas en esta investigación.”

“A mis padres Carlos y Adelina quienes con sus amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.”

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

Dr. SEVERO CALDERON SAMANIEGO
JURADO

Ing. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA
JURADO

Ing. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ
JURADO

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO GENERAL

ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	XV
CAPITULO I.....	17
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. Planteamiento del problema	17
1.2. Formulación y sistematización del problema	18
1.2.1. Problema general	18
1.2.2. Problemas específicos	18
1.3. Justificación	18
1.3.1. Práctica	18
1.3.2. Teórica	19
1.3.3. Metodológica	19
1.4. Delimitaciones	19
1.4.1. Espacial.....	19
1.4.2. Temporal	21
1.4.3. Económica.....	21
1.5. Limitaciones.....	21
1.6. Objetivos.....	22
1.6.1. Objetivo general	22
1.6.2. Objetivos específicos.....	22
CAPITULO II	23
MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Internacionales	23
2.1.2. Nacionales.....	25

2.2. Marco conceptual	27
2.2.1. Teorías de la investigación	27
2.2.1.1 Antecedentes históricos	27
2.2.1.2 Clasificación de carreteras	29
2.2.1.3 Tipos de vehículos.....	33
2.2.1.4 Criterios básicos para el diseño geométrico.....	40
2.2.1.5 Diseño geométrico de la sección transversal	47
2.2.1.6 Superficie de rodadura	66
2.2.1.7 Costos y tiempos en carreteras.....	75
2.3. Marco Normativo	81
2.4. Definición de términos	82
2.5. Hipótesis.....	84
2.5.1. Hipótesis general.....	84
2.5.2. Hipótesis específicos.....	84
2.6. Variables.....	84
2.6.1. Definición conceptual de la variable	84
2.6.2. Definición operacional de la variable	85
2.6.3. Operacionalización de la Variable	85
CAPÍTULO III	86
METODOLOGÍA	86
3.1. Método de investigación	86
3.2. Tipo de Investigación.....	86
3.3. Nivel de investigación.....	86
3.4. Diseño de investigación.....	86
3.5. Población y muestra	86
3.5.1. Población.....	86
3.5.2. Muestra	87
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	87
3.7. Procesamiento de la información.....	88
3.8. Técnicas y análisis de datos.....	88
CAPÍTULO IV.....	89
RESULTADOS.....	89
4.1. Presentación de resultados específicos	89

CAPÍTULO V.....	133
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	133
5.1. Discusión de resultados específicos.....	133
CONCLUSIONES	136
RECOMENDACIONES	138
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
ANEXOS	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera de acuerdo a la orografía y demanda	43
Tabla 2 – Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%	46
Tabla 3 – Distancia de visibilidad de parada (metros)	47
Tabla 4 – Anchos mínimos de la calzada en tangente	51
Tabla 5 – Anchos de Bermas.	53
Tabla 6 – Valores del bombeo de la calzada	56
Tabla 7 – Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte	57
Tabla 8 – Valores de peralte máximo	58
Tabla 9 – Peralte mínimo	59
Tabla 10 – Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente*	59
Tabla 11 – Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido.....	60
Tabla 12 – Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido.....	61
Tabla 13 – Cuadro Resumen del Espesor de Material del Afirmado	70
Tabla 14 – Espesor de capa de Revestimiento Granular	71
Tabla 15 – Catálogo de Capas de Afirmado (Revestimiento Granular).....	72
Tabla 16 – Gradación del material de afirmado.....	74
Tabla 17 – Gradación del material de afirmado.....	75
Tabla 18 – Variables de investigación.....	85
Tabla 19 – Operacionalización de las variables.	85
Tabla 20 – Datos de la estación meteorológica de CO - Huancavelica.....	96
Tabla 21 – Relación de calicatas y muestras extraídas.	100
Tabla 22 – Resumen de ensayos de suelos	101
Tabla 23 – Resumen de ensayos CBR.	103
Tabla 24 – Resumen de alcantarillas.	107
Tabla 25 – Datos de entrada para el diseño de badenes.....	108
Tabla 26 – Relación de badenes - dimensiones.....	111
Tabla 27 – Datos iniciales por tamos para diseño de cuneta triangular	111
Tabla 28 – Resumen de secciones de cuneta triangular.....	114
Tabla 29 – Bombeo de la calzada.....	116
Tabla 30 – Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras. ..	116
Tabla 31 – Valores de peralte máximo	118

Tabla 32 – Pendientes máximas (%)	119
Tabla 33 – Clasificación y resistencia de los suelos.....	120
Tabla 34 – El trafico proyectado al año horizonte	122
Tabla 35 – Calculo de espesor por el método NAASRA	122
Tabla 36 – Hoja de resumen de metrados.	123
Tabla 37 – Costo unitario por partida	127
Tabla 38 – Presupuesto de la carretera	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación departamental, provincial y distrital de la zona de investigación	20
Figura 2- Ubicación específica de la zona de investigación (Huancavelica).....	21
Figura 3- Vehículo Jeep (VL)	35
Figura 4- Auto (VL).....	35
Figura 5- Bus.....	36
Figura 6- Camión C2.....	36
Figura 7- Vehículo Pick Up.....	37
Figura 8- Camión C2.....	37
Figura 9- Camión C3 y C2CR.	38
Figura 10- Tráiler T3S2	38
Figura 11- Sección transversal típica a media ladera vía de dos carriles en curva	49
Figura 12- Sección transversal típica con calzada de dos carriles en poblaciones con zona comercial	49
Figura 13- Sección transversal típica para carretera con una calzada de dos carriles, en poblaciones rurales.....	50
Figura 14- Pendiente transversal de bermas.	55
Figura 15- Casos de Bombeo	57
Figura 16- Sección típica del túnel	65
Figura 17- Sección transversal típica en tangente	66
Figura 18- Distribución gumbel.....	97
Figura 19- Distribución log-gumbel.....	97
Figura 20- Distribución log-pearson tipo III.....	98
Figura 21- Calculo de sección de alcantarilla.....	104
Figura 22- Calculo de caudal de diseño 8(a) - alcantarilla	105
Figura 23- Calculo de caudal de diseño (b) - alcantarilla	105
Figura 24- Calculo de caudal de diseño (c) - alcantarilla.....	106
Figura 25- Calculo de diámetro óptimo de alcantarilla TMC (a)	106
Figura 26- Calculo de diámetro óptimo de alcantarilla TMC (b)	107
Figura 27- Calculo de caudal de diseño – badén (a).....	108

Figura 28- Calculo de caudal de diseño – badén (b).....	109
Figura 29- Calculo de caudal de diseño – badén (c).....	109
Figura 30- Calculo de la sección optima de badén (a)	110
Figura 31- Calculo de la sección optima de badén (a)	110
Figura 32- Calculo del caudal de diseño - cunetas (a)	112
Figura 33- Calculo del caudal de diseño - cunetas (b)	112
Figura 34- Calculo del caudal de diseño - cunetas (c)	113
Figura 35- Calculo de la sección optima de cunetas (a).....	113
Figura 36- Determinación de espesor de capa de revestimiento granular	121

RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿Es factible proponer el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores - Huancavelica, según la norma DG-2018?, el objetivo general fue: Proponer el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018, y la hipótesis general fue: Si es factible proponer el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018.

El método de investigación fue el científico y como método específico se utilizó el inductivo-deductivo, el tipo de investigación fue cualitativo, el nivel de investigación fue descriptivo y el diseño de investigación fue no experimental. La población correspondió al conjunto de trochas carrozables en las zonas rurales del Perú, se tomó como muestra la red vecinal, el cual fue el tramo vial que unirá el C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores.

La conclusión general fue: Se utilizó El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, el cual fue aprobado mediante Resolución Directoral N°03-2018-MTC/14, y que forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC. Gracias a los criterios y parámetros de diseño geométrico de carreteras, se pudo obtener parámetros tanto para sección transversal y el material adecuado para la superficie de rodadura, de acuerdo al análisis realizado en el capítulo IV.

Palabras claves: Diseño geométrico, Carretera.

ABSTRACT

The research had as a general problem: Is it feasible to propose the geometric design of the C.P. Santa Rosa de Chopcca to C.P. Los Libertadores - Huancavelica, according to the DG-2018? Standard, the general objective was: Propose the geometric design of the C.P. Santa Rosa de Chopcca to C.P. Los Libertadores - Huancavelica, according to the DG-2018 standard, and the general hypothesis was: If it is feasible to propose the geometric design of the C.P. Santa Rosa de Chopcca to C.P. Los Libertadores - Huancavelica, according to the DG-2018 standard.

The research method was scientific and the inductive-deductive method was used as a specific method, the type of research was qualitative, the research level was descriptive and the research design was non-experimental. The population corresponded to the set of carriage trails in rural areas of Peru, the neighborhood network was taken as a sample, which was the road section that will join the C.P. Santa Rosa de Chopcca to C.P. The liberators.

The general conclusion was: The "Geometric Design" Highway Manual was used, which was approved by Directorial Resolution No. 03-2018-MTC / 14, and which is part of the Highway Manuals established by the National Regulation of Management of Road Infrastructure approved by DS N ° 034-2008-MTC. Thanks to the criteria and parameters of geometric design of roads, it was possible to obtain parameters for both the cross section and the appropriate material for the rolling surface, according to the analysis carried out in chapter IV.

Keywords: Geometric design, Road.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado “diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018”; investigación que establece como propósito fundamental: Proponer el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018.

El manual DG-2018 es la presente versión del Manual de Carreteras, este manual es un documento normativo de vigencia obligatoria en el Perú, el mismo que reúne los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el diseño de la infraestructura vial; todos los aspectos tratados en el manual son recomendaciones de carácter geométrico de acuerdo a estándares internacionales como la norma AASHTO.

Esta investigación de tipología cualitativo, considera el nivel descriptivo; como diseño de investigación no experimental, y como técnicas de recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados.

En esta investigación, determinamos, mediante algunos expedientes técnicos que se ajusten a la realidad de nuestro estudio, los parámetros y el tipo de superficie de rodadura más adecuado, para optimizar costos, que muchas veces son excesivos e innecesarios, adaptándose mejor a la realidad de los caminos vecinales en el Perú.

Con el diseño geométrico de la carretera, se tiene una propuesta vial del servicio de transitabilidad vial que unirá los C.P. de Santa Rosa de Chopcca y el C.P. Los Libertadores, para ello es importante desarrollar los estudios básicos de ingeniería, elaborar el planteamiento de diseño geométrico de la carretera, así como desarrollar su viabilidad como proyecto a nivel de ejecución mediante el cálculo del costo de construcción.

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el diseño geométrico de la carretera.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el diseño del puente viga losa, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

Bach. Jean Carlos Ignacio Bartolome.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En primer lugar, por la diversidad geográfica en el mundo y américa latina el transporte terrestre en la actualidad creció rápidamente y es el más utilizado a nivel mundial bajo ese término es una gran tarea de asumir la responsabilidad para los diseñadores, constructores y entidades competentes. Tengan la plena autonomía y el compromiso de garantizar la seguridad vial en toda su dimensión en cumplimiento de las normas vigentes de cada país. Con el enfoque de visión en el futuro, proyección de mercado competitivo e internacional. La seguridad hoy en día en el mundo es preponderante por los constantes accidentes por falta de señalización y prevención para evitar más muertes.

La actualización de las normas peruanas de carreteras de los últimos años es un gran avance del sector y su cumplimiento sugiere una enorme responsabilidad para diseñadores, constructores y entidades competentes. La seguridad vial, sin embargo, requiere mucho más que cumplir normas de diseño y construcción.

En la actualidad no existe infraestructura vial que conecte directamente los Centros Poblados de Santa Rosa de Chopcca y Los Libertadores, por lo que es necesario la construcción de un camino vecinal que una directamente los centros poblados de Santa Rosa de Chopcca y Los Libertadores; el cual, viabilice el transporte vehicular y de este modo dinamice la economía de los centros poblados vecinos.

En el tramo que se propone la construcción de la infraestructura vial “trocha carrozable”, es debido a que, en todo el recorrido existe una gran cantidad de familias pertenecientes a los centros poblados de Santa Rosa de Chopcca y Los Libertadores, que presentan actividad pecuaria y agrícola; el cual, es el sustento de su economía. Para hacer efectivo dicho proceso económico es necesario transportar los productos desde la zona de

producción hacia los mercados locales más cercano, que en la actualidad es muy complicado por la inexistencia de infraestructura vial; en tanto que, los pobladores de la zona transportan sus productos con animales de carga y en muchos casos realizados por los mismos pobladores de la zona.

1.2. Formulación y sistematización del problema

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

1.2.1. Problema general

¿Es factible proponer el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores- Huancavelica, según la norma DG-2018?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuáles serán los estudios previos a realizar para el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018?

b) ¿Cuál será la metodología del diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018?

c) ¿Cuáles serán los costos de construcción para la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores - Huancavelica?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

Actualmente las condiciones de la vía no son suficientemente adecuadas para el traslado de carga y pasajeros; por lo que con el presente proyecto se pretende optimizar el transporte, beneficiando de manera directa a los pobladores de éstos Centros Poblados, así como a todo el transportista que hacen el uso de esta vía.

1.3.2. Teórica

El proyecto propuesto se justifica porque se opta por la mejor solución técnica como alternativa que garantice un adecuado tránsito vehicular, todo ello en concordancia con la normatividad vigente (Norma DG-2018), para cumplir con los objetivos y en beneficio de los Centros Poblados de Santa Rosa de Chopcca y de Los Libertadores.

1.3.3. Metodológica

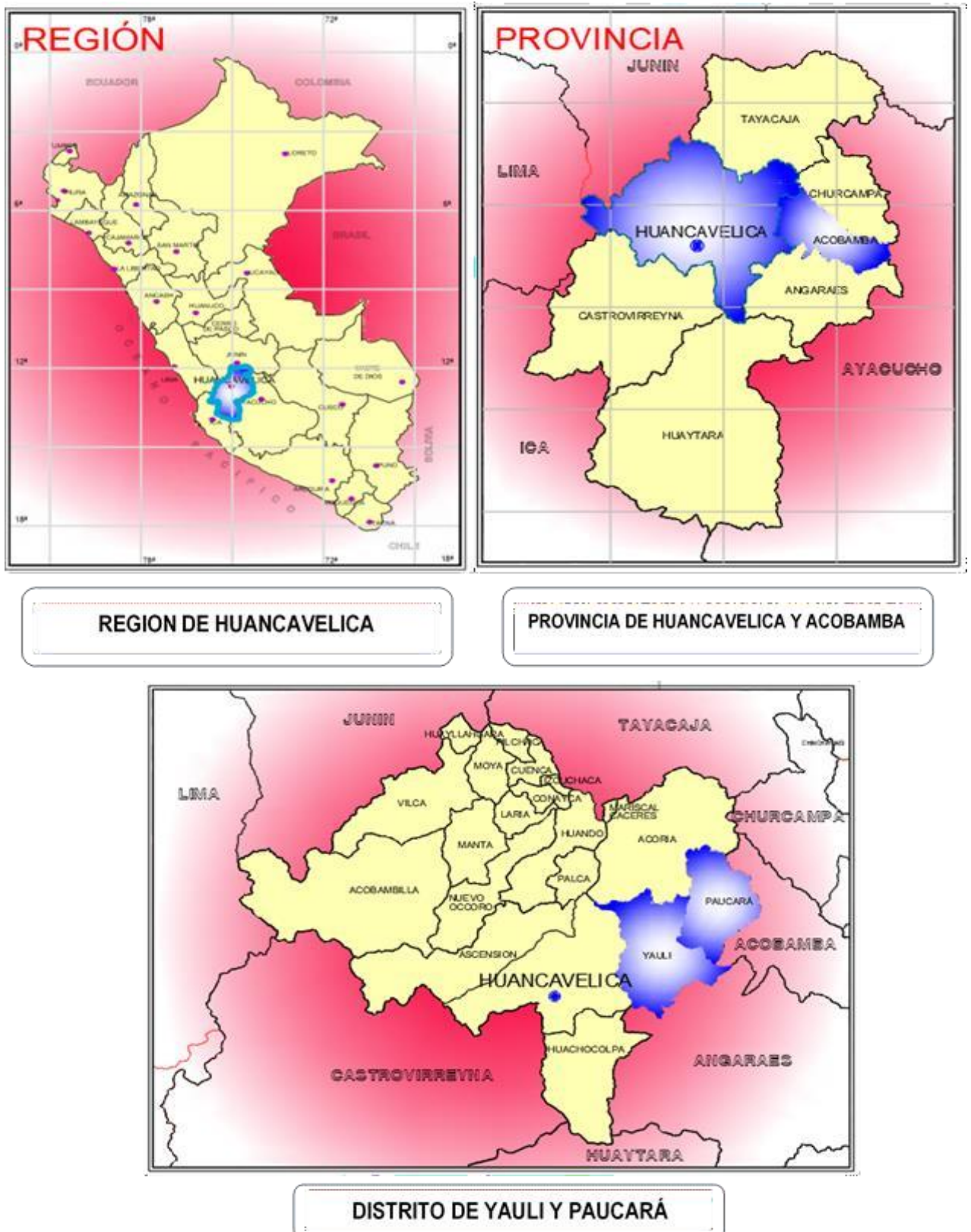
En esta investigación se utilizará el diseño geométrico como una metodología para el planteamiento técnico en la construcción de una red vial, método que puede ser utilizado en estudios similares y en escenarios distintos.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación se realizó en el tramo que unirá el Centro Poblado de Santa Rosa de Chopcca y el Centro Poblado de Los Libertadores, los cuales se encuentran dentro de los Distritos de Yauli y Paucara de la Provincia de Huancavelica y Acobamba en el departamento de Huancavelica respectivamente.

Figura 1- Ubicación departamental, provincial y distrital de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2- Ubicación específica de la zona de investigación (Huancavelica).



Fuente: google earth

- Coordenadas UTM : 528467.87 E, 8592183.09 N
- Zona : Urbana
- Región Natural : Sierra
- Altitud : 3890 m.s.n.m.

1.4.2. Temporal

El trabajo de investigación se llevó a cabo en 2 meses, del mes de Febrero del 2021 hasta el mes de Marzo del Año 2021

1.4.3. Económica

Los gastos financieros incurridos en la elaboración del presente trabajo de investigación, no fue inconveniente económico alguno. El gasto mencionado fue asumido en su totalidad por el investigador de la presente tesis.

1.5. Limitaciones

Básicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información del expediente técnico “construcción del camino vecinal desde el centro poblado de Santa Rosa de Chopcca (0+000

km) al centro poblado de Los Libertadores (4+780 km), distritos de Yauli y Paucara, provincias de Huancavelica y Acobamba, del departamento de Huancavelica”.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Proponer el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018.

1.6.2. Objetivos específicos

a) Desarrollar los estudios previos para realizar el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018.

b) Aplicar la metodología de diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018.

c) Determinar los costos de construcción para la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores - Huancavelica.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

Según (Parrado Méndez, 2017) la tesis titulada: Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá, de la universidad católica de Colombia facultad de ingeniería civil trabajo de grado para optar título de ingeniero civil, “tiene como objetivo general: Generar la propuesta de diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en un sector periférico del occidente de Bogotá, la formulación del problema es: ¿Cuál es la propuesta de diseño geométrico que permitiría mitigar el problema de congestión vehicular en el tramo de la vía Mosquera-Funza?, metodología que utilizó es: la investigación de campo se realizó en las zona rurales de los municipios de Mosquera y Funza, por cuanto numerosos factores a utilizarse en el diseño se encuentran estrictamente relacionados con el lugar, donde se implantara el proyecto, los mismos que servirán en la toma de decisiones al dar la solución al problema de estudio. Conclusión de este trabajo es: La propuesta de diseño vial tipo variante para los municipios de Funza y Mosquera es una solución efectiva teniendo en cuenta los problemas de movilidad allí presentados y ofreciendo como resultado un nivel de servicio C donde la velocidad a flujo libre será a entre (100 km/h hasta 120 km/h) brindando las condiciones óptimas de seguridad y comodidad para los conductores.”

Según (Abad, 2015), la tesis titulada: Diseño definitivo de las vías de reposición para los embalses aguacatal y lechugal 2 del proyecto pacalori, de la facultad de ingeniería-escuela profesional de ingeniería civil, de la universidad de Cuenca. Tesis para optar el título de ingeniero civil, “tiene como objetivo general: es realizar el

diseño definitivo de la vía que conectan a la red vial, las zonas afectadas por la cota de nivel de agua máxima (NAM) de los embalses producidos por las presas Aguacatal y Lechugal 2, correspondientes al Trasvase Calabí del proyecto PACALORI, como problema general es: la falta y carencia de una vía que conecta a la red vial con las zonas afectadas las inundaciones que aquejan cada año en Aguacatal y Lechugal. La metodología que utilizo en este trabajo es: la investigación que se realizó de tipo aplicativo y descriptivo a la normativa vial NEVI-12 del Ministerio de Transporte y Obras Públicas MTOP, dentro de la etapa de diseño definitivo se realizarán, los estudios de Ingeniería de detalle que permitirán la definición de los elementos y aspectos que involucran al proyecto. Conclusión de la tesis es: En las vías de reposición no se tuvieron grandes taludes de corte y relleno. Sin embargo, para diseños posteriores de vías de mayor importancia y con altos volúmenes de tráfico, deberá realizarse un análisis y diseño a detalle de los taludes en el área del proyecto.”

Según (Loja, 2014), la tesis titulada Revisión y cambio al diseño geométrico de la prolongación de la avenida Simón Bolívar al norte de la ciudad de Quito, del colegio de ciencias e Ingeniería de la Universidad San Francisco de Quito. Tesis de grado para obtención del título de ingeniero civil. “El objetivo principal de la presente tesis es: realizar una revisión minuciosa de los estudios originales realizados por ASTEC Cía. Ltda., en el año 2010 y realizar todas las variantes posibles en el diseño geométrico mediante la utilización de un software que se adapte a la misma logrando un diseño eficiente y así obtener un costo aproximado del mismo para disminuir la congestión en sectores críticos al norte de la ciudad de Quito, el problema principal es: en la actualidad debido al gran aumento que se ha dado en el parque automotriz y la congestión vehicular que ocasiona en la Avenida Simón Bolívar al norte de la ciudad de Quito, metodología que se utilizo es: investigación del

campo y aplicativo-descriptivo a la normativa del Ministerio de Transportes y Obras Públicas. (2003). Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Quito 2014. Conclusión de la tesis es: Se logró comprobar que, para la elaboración de todos los diseños, planos horizontal y vertical de la vía, así como de las secciones transversales y cubicación, el mejor que se acopla es el software AutoCAD CIVIL 3D 2014 (versión estudiante), ya que genera resultados aceptables mediante comprobaciones en el campo y el plano obtenido a comparación con otros softwares como el Eagle Point u otros.”

2.1.2. Nacionales

Según (López Ortecho, 2016), La tesis titulada: Diseño de la vía expresa sur por la norma DG-2014 de la facultad de Ciencias e Ingeniería, de la universidad Pontificia Universidad Católica del Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. “La presente tesis su objetivo es: Desarrollar el diseño geométrico del proyecto Vía Expresa Sur, su problema central es: aplicación de normativa vigente y uso de manuales normativos para el diseño geométrico de vías. Metodología utilizada es: Diseño geométrico basado con programa automatizado para el desarrollo de la vía. Conclusión de la tesis es: La prolongación de la vía expresa proyectada tiene una longitud aproximada de 5 km. Asimismo incluye la construcción de 2 intercambios viales, 2 óvalos y 5 puentes tipo bypass, La construcción del proyecto Vía Expresa Sur interconectará un gran sector urbano de Lima, generando grandes beneficios sociales y económicos.”

Según (Pereda Rondón, 2018), La tesis titulada Estudio y optimización de la red vial avenida América Sur, tramo prolongación Cesar Vallejo – avenida Ricardo Palma, Trujillo de la universidad Privada Antenor Orrego facultad de Ingeniería – escuela profesional de ingeniería civil. Tesis para optar título profesional de Ingeniero civil, “su objetivo: es Realizar el estudio y

optimización de la red vial Avenida América Sur, tramo Avenida César Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo, su problema central es: En qué medida el estudio de tráfico, optimizará la red vial Av. América Sur el tramo Cesar Vallejo – Avenida Ricardo Palma, Trujillo, la metodología que se utilizó en investigación es: Investigación aplicada Busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. La investigación aplicada se encuentra estrechamente vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto queda aclarado si nos percatamos de que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico, y la Investigación descriptiva: El método más adecuado para este tipo de investigación es el descriptivo, se trata de determinar tráfico de las intersecciones Prolongación César Vallejo – Av. América Sur, Av. La Marina – Av. América Sur, Av. Gonzales Prada - Av. América Sur, Av. José María Eguren – Av. América Sur, es determinar de forma adecuada, y basado en un procedimiento debidamente fundamentado los componentes de las vías indicadas. Conclusión de la tesis es: Se concluye que en el tramo estudiado de la avenida América Sur no hay una adecuada señalización tanto vertical como horizontal, la cual debió considerarse en el proyecto en el caso de la vertical y la horizontal se encuentra ausente debido al desgaste de los vehículos en la calzada que ha ocasionado su desaparición como podemos observar en las imágenes anexadas.”

Según (Acusi Quispe, 2017), la tesis titulada Diseño geométrico de la vía de acceso a las Lomas del cerro Chastudal utilizando software de carreteras, tramo rio seco hasta asociación el mirador Chastudal del Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa – Tacna - 2016 de la universidad de Tacna facultad de ingeniería de escuela profesional de ingeniería civil. Tesis para optar título de ingeniero de civil, “su objetivo es: Determinar el adecuado diseño de carretera a nivel rasante del tramo rio seco hasta asociación el mirador del

distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, con software aplicativo, su problema central es: Proponer diseño geométrico de la de la vía de acceso a las lomas del cerro utilizando SOFTWARE de carreteras, tramo rio seco hasta asociación el mirador del distrito Gregorio Albarracín Lanchipa; su metodología utilizada es: método aplicativo y explicativo con software aplicado para el diseño geométrico de la vía de acceso a las lomas del cerro y la normativa vigente DG-2014. Conclusión de la tesis es: El desarrollo con ayuda del software civil3d optimiza y garantiza el uso de las limitantes establecidas en el DG-2014.”

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Teorías de la investigación

El marco teórico del presente trabajo está constituido por los manuales del MTC: Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC (CBVT-2005 y 2008), y por el Manual de Carreteras DG-2018, los cuales contienen las variables estudiados para este trabajo. Dichas variables servirán como base teórica para el trabajo que se realizará en los siguientes capítulos.

2.2.1.1 Antecedentes históricos

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2001). Oficializa el primer manual de diseño geométrico de carreteras, el cual recoge los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el trazado de una carretera. Todos los aspectos contenidos en el manual son recomendaciones de carácter geométrico derivados de estándares internacionales como la norma AASHTO. La importancia de este manual en relación a los caminos de bajo volumen de tránsito se centra en los parámetros generales y comunes para toda la red vial que tenemos en el Perú; tal como la clasificación vial, la orografía y los conceptos teóricos que norman el diseño geométrico.

Se observa que el manual DG-2001 no incluye dentro de las clasificaciones de carreteras a los caminos cuyo IMD sea menor a 200 Veh/día, por lo que años más tarde se elabora el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (versiones 2005 y 2008) como complemento a este problema. (p. 5)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). Presenta la primera versión del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, el cual contiene y recopila técnicas de Diseño Vial desde el punto de vista de su concepción, considerando aspectos de conservación ambiental y de seguridad vial. Este manual sirve como un complemento de la norma DG-2001, teniendo como justificación que la categoría de caminos a la que va dirigido son más del 85% de la vialidad a nivel nacional, por lo que era necesarios parámetros de diseño geométrico. (p. 7)

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). Presenta una actualización de la primera versión del manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito, el cual no difiere mucho de la primera, tan solo reajustes de algunos valores necesarios para el diseño geométrico. Al igual que las normas de diseño de carreteras anteriores, este manual ya no se encuentra en vigencia, por lo que en la actualidad no existen normas nacionales oficiales que proporcionen criterios y parámetros de diseño geométrico en carreteras con bajo volumen de tránsito. (p.11)

Guidelines for Geometric Design of Very Low-Volume Local Roads (ADT<400)"–American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) (2001)

El manual internacional de AASHTO para caminos de bajo volumen de tránsito comienza con una clasificación general sobre las funciones del camino, dicho manual está destinado a seleccionar parámetros aptos para estos caminos, los cuales son muy conocidos por los habitantes de la zona en donde se encuentra el camino.

Un camino de muy bajo volumen de tránsito según la norma AASHTO está definido como local, el cual tiene un tráfico de 400 veh/día o menor. Un camino clasificado como local es aquel que tiene como principal función proveer de acceso a residencias, granjas, negocios, propiedades, etc.

La mayoría de manuales de carreteras a nivel internacional y nacional tienen como base la norma AASHTO, diferenciándose de esta simplemente en algunos valores de parámetros, los cuales están ajustados a la realidad del país donde rige. (p. 35)

2.2.1.2 Clasificación de carreteras

De acuerdo al manual de diseño geométrico DG – 2001 – MTC, estas se clasifican de acuerdo:

Clasificación según su función:

a) Red Vial Primaria (Sistema Nacional): “Este tipo de vía vendría a ser la red principal ya que se conforma por carreteras que unen las principales ciudades del país, con puertos y fronteras de los países vecinos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

b) Red Vial Secundaria (Sistema Departamental): “Esta red vial está circunscrita principalmente a la zona de un departamento, división política de la nación, o en

zona de influencia económica.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

c) Red Vial Terciaria o Local (Sistema Vecinal): “Este tipo de red vial está compuesta por caminos troncales vecinales que unen pequeñas poblaciones, comunidades aledañas y caminos rurales alimentadores, este tipo de vías por lo general no son pavimentadas.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2001, p. 26)

El manual DG-2018 es la presente versión del Manual de Carreteras, este manual es un documento normativo de vigencia obligatoria en el Perú, el mismo que reúne los métodos y procedimientos necesarios para proyectar el diseño de la infraestructura vial; todos los aspectos tratados en el manual son recomendaciones de carácter geométrico de acuerdo a estándares internacionales como la norma AASHTO. Según esta norma las clasifica de la siguiente manera:

Clasificación de acuerdo a la demanda:

a) Autopistas de primera clase: Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, las calzadas de este tipo de autopistas están divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, presenta control de ingresos y salidas que proporcionan flujos vehiculares continuos. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

b) Autopistas de segunda clase: Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, para este tipo de autopistas las calzadas están divididas por medio de un

separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2018, p. 12).

c) Carreteras de primera clase: Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

d) Carreteras de segunda clase: Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

e) Carreteras de tercera clase: Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 12).

f) Trochas carrozables: Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 13).

Clasificación por condiciones orográficas:

a) Terreno plano (tipo 1): “Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

b) Terreno ondulado (tipo 2): “Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

c) Terreno accidentado (tipo 3): “Según el MTC (2018), el terreno accidentado “tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales influyentes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14).

d) Terreno escarpado (tipo 4): “Según el MTC (2018), el terreno escarpado “tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 14)

2.2.1.3 Tipos de vehículos

El Diseño Geométrico de Carreteras se va a efectuar de acuerdo a los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas de manera obligatoria en el Reglamento Nacional de Vehículos.

Las características de los vehículos tipo indicados, van a definir los distintos aspectos del dimensionamiento

geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

a) El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y Sobreancho de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.

b) La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.

c) La relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles.

Se hará la clasificación de vehículo de acuerdo a los tipos de vehículos que transitan en las autopistas y carreteras en el Perú, esto es empleado por el SNIP para el costo de operación vehicular (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 24)

Dichos tipos de vehículos se pueden apreciar a continuación:

Vehículo de pasajeros:

a) Jeep (VL)

Figura 3- Vehículo Jeep (VL).



Fuente: <http://www.todoautos.com.pe/portal/component/tag/noticias-autos-bolivia>.

b) Auto (VL)

Figura 4- Auto (VL).



Fuente: <https://www.autocosmos.com.pe/catalogo/2017>

c) Bus (B2, B3, B4 y BA)

Figura 5- Bus.



Fuente: <https://www.infodebuses.com.pe/es/transportes/perubus/>

d) Camión C2

Figura 6- Camión C2.



Fuente: <https://www.incapower.com.pe/blog/incapower-distribuidor-camiones-yuejin-peru/>

Vehículo de carga:

a) Pick-up (equivalente a Remolque Simple T2S1)

Figura 7- Vehículo Pick Up.



Fuente: <http://www.infoauto.com.ar/institucional/detalle>

b) Camión C2

Figura 8- Camión C2.



Fuente: <https://autorallyneiva.com/portfolio/b2-c2/>

c) Camión C3 y C2CR

Figura 9- Camión C3 y C2CR.



Fuente: <https://neoauto.com/noticias/novedades-cat/lanzamientos-cat/fuso-presenta-camiones>

d) T3S2

Figura 10- Tráiler T3S2.



Fuente: <http://www.satt.mx/noticias/nom-012-corresponsabilidad-de-empresas-en-transporte-de-carga>

1.- Vehículos ligeros: La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no necesariamente van a condicionar un proyecto, pero si se trata de carreteras rurales donde difícilmente circulen vehículos pesados, los vehículos ligeros van a influir en tomar decisiones respecto al ancho del carril de la carretera. Las dimensiones representativas de vehículos de origen norteamericano por lo general son mayores a los de otros países, sus medidas correspondientes son:

- a) Ancho: 2.10 m.
- b) Largo: 5.80 m.

Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

- a) h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.
- b) h1: altura de los ojos del conductor: 1.07 m.
- c) h2: altura de un obstáculo fijo en la carretera: 0.15 m.
- d) h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.
- e) h5: altura del techo de un automóvil: 1.30 m

El vehículo ligero es el que más velocidad desarrolla y la altura del ojo de piloto es más baja, por tanto, estas características definirán las distancias de visibilidad de sobrepaso, parada, zona de seguridad en relación con la visibilidad en los cruces, altura mínima de barreras de seguridad y antideslumbrantes, dimensiones mínimas de plazas de aparcamiento en zonas de estacionamiento, miradores o áreas de descanso. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018. p. 25)

2.- Vehículos pesados: Las dimensiones máximas de los vehículos a emplear en la definición geométrica son las establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. Para el cálculo de distancias de visibilidad de parada y de adelantamiento, se requiere definir diversas alturas, asociadas a los vehículos ligeros, que cubran las situaciones más favorables en cuanto a visibilidad.

a) h: altura de los faros delanteros: 0.60 m.

b) h3: altura de ojos de un conductor de camión o bus, necesaria para la verificación de visibilidad en curvas verticales cóncavas bajo estructuras: 2.50 m.

c) h4: altura de las luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0.45 m.

d) h6: altura del techo del vehículo pesado: 4.10 m

El vehículo pesado tiene las características de sección y altura para determinar la sección de los carriles y su capacidad portante, radios y sobrecanchos en curvas horizontales, alturas libres mínimas permisibles, necesidad de carriles adicionales, longitudes de incorporación, longitudes y proporción de aparcamientos para vehículos pesados en zonas de estacionamiento, miraderos o áreas de descanso. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 25-26)

2.2.1.4 Criterios básicos para el diseño geométrico

La Sección Transversal según el Manual de Diseño Geométrico DG-2018, “es una variable dependiente tanto de la categoría de la vía como de la velocidad de diseño, pues para cada categoría y velocidad de diseño corresponde una sección transversal tipo, cuyo ancho responde a un rango acotado y en algunos casos único” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 16).

El estándar de una obra vial, que responde a un diseño acorde con las instrucciones y límites normativos establecidos en el presente, queda determinado por:

a) La Categoría que le corresponde (autopista de primera clase, autopista de segunda clase, carretera de primera clase, carretera de segunda clase y carretera de tercera clase).

b) La velocidad de diseño (V).

c) La sección transversal definida.

1.- Velocidad de diseño: Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, usado para determinar las características geométricas de una carretera nueva durante el proyecto.

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazo, debe ser tal, que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El proyectista, para garantizar la consistencia de la velocidad, debe identificar a lo largo de la ruta, tramos homogéneos a los que, por las condiciones topográficas, se les pueda asignar una misma velocidad. Esta velocidad, denominada Velocidad de Diseño del tramo homogéneo, es la base para la definición de las características de los elementos geométricos, incluidos en dicho tramo.

Para identificar los tramos homogéneos y establecer su Velocidad de Diseño, se debe atender a los siguientes criterios:

- a) La longitud mínima de un tramo de carretera, con una velocidad de diseño dada, debe ser de tres (3.0) kilómetros, para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4.0) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora (60 y 120 km/h).
- b) La diferencia de la Velocidad de Diseño entre tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).

No obstante, lo anterior, si debido a un marcado cambio en el tipo de terreno en un corto sector de la ruta, es necesario establecer un tramo con longitud menor a la especificada, la diferencia de su Velocidad de Diseño con la de los tramos adyacentes no deberá ser mayor de diez kilómetros por hora. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.96).

Velocidad de diseño del tramo homogéneo: “La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda u orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica en la Tabla N°1” (Ministerio de Transportes de Comunicaciones, 2018, p. 96).

Tabla 1 – Rangos de velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera de acuerdo a la orografía y demanda.

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

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 97).

No hay parámetros para trochas carrozables por lo que se realizara la investigación respectiva para proponer nuevos parámetros.

2.- Distancia de visibilidad: Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decida efectuar. En los proyectos se consideran tres distancias de visibilidad:

- a) Visibilidad de parada.
- b) Visibilidad de paso o adelantamiento.
- c) Visibilidad de cruce con otra vía.

Las dos primeras influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 103).

a) Distancia de visibilidad de Parada: Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

La distancia de parada para pavimentos húmedos, se calcula mediante (fórmula 1):

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

Dónde:

D_p : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

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

El primer término de la fórmula 1 representa la distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción (t_p) y el segundo la distancia recorrida durante el frenado hasta la detención (d_f).

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el

instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción estaría de 2 a 3 segundos, se recomienda tomar el tiempo de percepción – reacción de 2.5 segundos.

En todos los puntos de una carretera, la distancia de visibilidad será \geq a la distancia de visibilidad de parada. Para vías con pendiente superior a 3%, tanto en ascenso como en descenso, se puede calcular con la siguiente (fórmula 2):

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

Dónde:

d : distancia de frenado en metros

V : velocidad de diseño en km/h

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

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)

+i : Subidas respecto al sentido de circulación

-i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

Se considera obstáculo aquél de una altura \geq a 0.15 m, con relación a los ojos de un conductor que está a 1.07 m sobre la rasante de circulación.

Si en una sección de la vía no es posible lograr la distancia mínima de visibilidad de parada correspondiente a la velocidad de diseño, se deberá señalar dicho sector con la velocidad máxima admisible, siendo éste un recurso excepcional que debe ser autorizado por la entidad competente.

Asimismo, la pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada => a 6% y para velocidades de diseño > a 70 km/h. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 103-104).

La Tabla N°2 muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño.

Tabla 2 – Distancia de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%.

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

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 104)

En la Tabla N°3 se muestra las distancias de visibilidad de parada, en función de la velocidad de diseño y pendiente.

Tabla 3 – Distancia de visibilidad de parada (metros).

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

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 105)

2.2.1.5 Diseño geométrico de la sección transversal

1.- Generalidades: El diseño geométrico de la sección transversal, consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de dichos elementos, en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

De acuerdo a la Norma de Diseño Geométrico DG-2018 nos dice lo siguiente de la sección transversal:

La sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que cumplan y de las características del trazado y del terreno.

Constituyen secciones transversales singulares, las correspondientes a las intersecciones vehiculares a nivel o desnivel, los puentes vehiculares, pasos peatonales a desnivel, túneles, estaciones de peaje, pesaje y ensanches de plataforma.

En zonas de concentración de personas, comercio y/o tránsito de vehículos menores, maquinaria agrícola, animales y otros, la sección transversal debe ser proyectada de tal forma que constituya una solución de carácter integral a tales situaciones extraordinarias, y así posibilitar, que el tránsito por la carretera se desarrolle con seguridad vial. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 183).

2.- Elementos de la Sección Transversal: “Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son: carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios, que se encuentran dentro del Derecho de Vía del proyecto. Cuando el tránsito de bicicletas sea importante, deberá evaluarse la inclusión de carriles especiales para ciclistas (ciclovías), separados tanto del tránsito vehicular como de los peatones.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 183).

Las figuras siguientes, muestran los elementos de la sección transversal.

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 190)

En la Tabla N°4, se indican los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 4 – Anchos mínimos de la calzada en tangente.

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																					5.00	5.00
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	6.60	5.00	
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	6.60		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60	6.60			
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			6.60	6.60				
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60				
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20									
110 km/h	7.20	7.20			7.20																	
120 km/h	7.20	7.20			7.20																	
130 km/h	7.20																					

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 191)

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) En carreteras de Tercera Clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 500 m, con el correspondiente sustento técnico y económico.

“En casos particulares, la vía materia de diseño puede requerir una sección transversal que contenga elementos complementarios, tales como barreras de seguridad u otros, en cuyo caso, se contemplará los anchos adicionales que requiera la instalación de dichos elementos.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 192)

4.- Bermas: Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, en general debe mantener el mismo nivel e inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada, y acorde a la evaluación técnica y económica del proyecto, está constituida por materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las autopistas contarán con bermas interiores y exteriores en cada calzada, siendo las primeras de un ancho inferior. En las carreteras de calzada única, las bermas deben tener anchos iguales.

Adicionalmente, las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia.

La función como zona de seguridad, se refiere a aquellos casos en que un vehículo se salga de la calzada, en cuyo caso dicha zona constituye un margen de seguridad para realizar una maniobra de emergencia que evite un accidente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 192).

Ancho de las Bermas: En la Tabla N° 5, se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía.

Tabla 5 – Anchos de Bermas.

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

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 193)

Notas:

a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

b) Los anchos indicados en la tabla son para la berma lateral derecha, para la berma lateral izquierda es de 1,50 m para Autopistas de Primera Clase y 1.20 m para Autopistas de Segunda Clase

c) Para carreteras de Primera, Segunda y Tercera Clase, en casos excepcionales y con la debida justificación técnica, la Entidad Contratante podrá aprobar anchos de berma menores a los establecidos en la presente tabla, en tales casos, se preverá áreas de ensanche de la plataforma a cada lado de la carretera, destinadas al estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

Inclinación de las bermas: En las vías con pavimento superior, la inclinación de las bermas, se regirá según la figura para las vías a nivel de afirmado, en los tramos en tangente las bermas seguirán la inclinación del pavimento.

En el caso de que la berma se pavimente, será necesario añadir lateralmente a la misma para su adecuado confinamiento, una banda de mínimo 0,5 m de ancho sin pavimentar.

A esta banda se le denomina Sobreebanco de compactación y puede permitir la localización de señalización y defensas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 194)

En el caso de las carreteras de bajo tránsito:

a) En los tramos en tangentes, las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma.

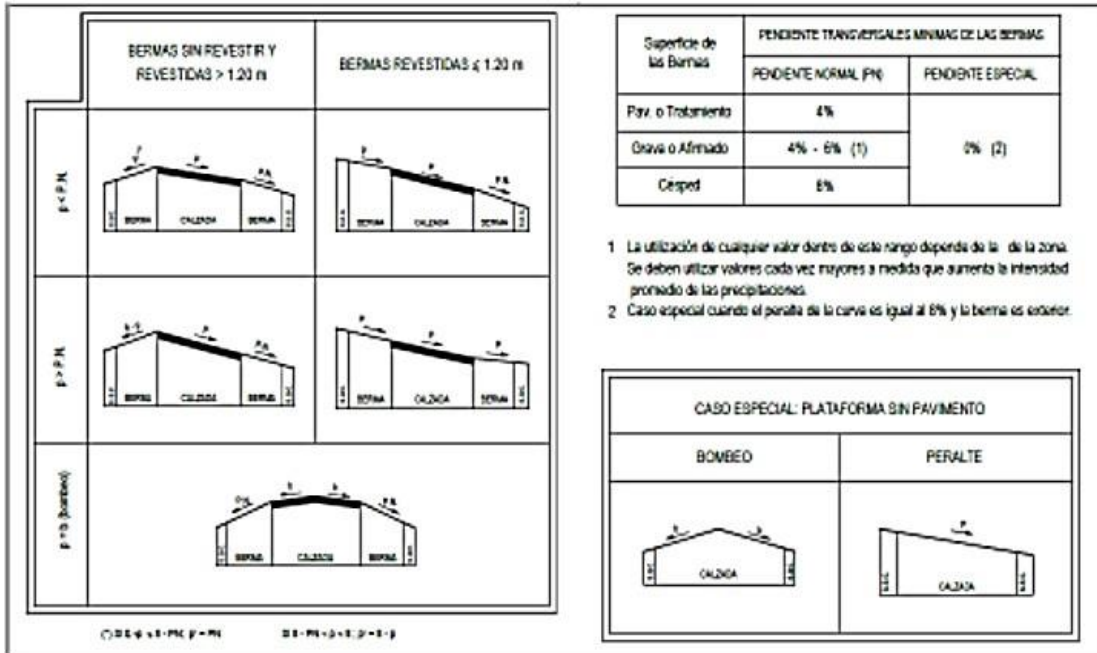
b) La berma situada en el lado inferior del peralte, seguirá la inclinación de éste cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario, la inclinación de la berma será igual al 4%.

c) La berma situada en la parte superior del peralte, tendrá en lo posible, una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta.

La diferencia algebraica entre las pendientes transversales de la berma superior y la calzada será siempre igual o menor a 7%. Esto significa que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7% la berma superior quedará con una inclinación hacia la calzada, igual a la del peralte menos 7%. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 194).

La Figura N°14 nos muestra la pendiente transversal de bermas sin revestir y bermas revestidas.

Figura 14- Pendiente transversal de bermas.



Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 195).

5.- Bombeo: “En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 195).

La Tabla N° 6 especifica los valores de bombeo de acuerdo a la precipitación y tipo de superficie de la calzada.

Tabla 6 – 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: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 195)

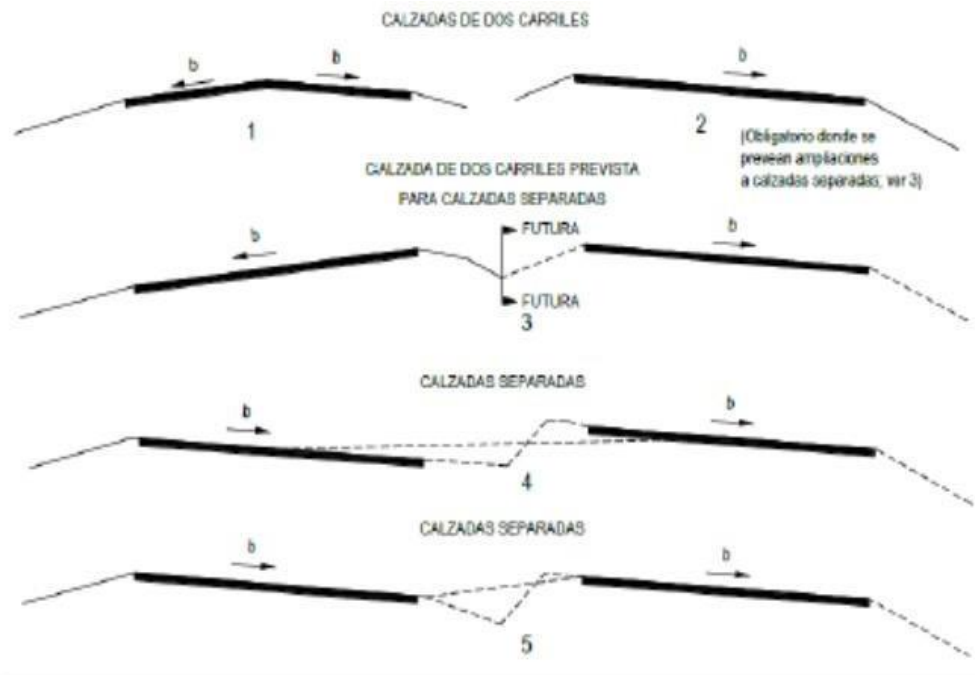
El bombeo puede darse de varias maneras, dependiendo del tipo de carretera y la conveniencia de evacuar adecuadamente las aguas, entre las que se indican:

a) La denominada de dos aguas, cuya inclinación parte del centro de la calzada hacia los bordes.

b) El bombeo de una sola agua, con uno de los bordes de la calzada por encima del otro. Esta solución es una manera de resolver las pendientes transversales mínimas, especialmente en tramos en tangente de poco desarrollo entre curvas del mismo sentido. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 195-196).

Los casos antes descritos se presentan en la Figura N° 15.

Figura 15- Casos de Bombeo.



Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196).

6.- Peralte: “El peralte es la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, por lo que la fuerza centrífuga del vehículo va a ser contrarrestada debido a la pendiente transversal que tendrá.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 196)

a) Valores del peralte (máximos y mínimos): Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la Tabla N° 7.

Tabla 7 – Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte.

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

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196)

En la Tabla N° 8 se indican los valores máximos del peralte, para las condiciones descritas:

Tabla 8 – Valores de peralte máximo.

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 196)

Para calcular el peralte bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula:

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

Dónde:

p : Peralte máximo asociado a V

V : Velocidad de diseño (km/h)

R : Radio mínimo absoluto (m)

f : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

Usualmente, se utiliza radios superiores al mínimo, con peraltes inferiores al máximo, por resultar más cómodos tanto para los vehículos lentos (disminuyendo la incidencia de f negativo), como para vehículos rápidos (que necesitan menores f). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 197).

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la Tabla N° 9.

Tabla 9 – Peralte mínimo.

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 197)

b) Transición del bombeo de peralte: “En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra en curva, se requiere cambiar la pendiente de la calzada, desde el bombeo hasta el peralte correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente a lo largo de la longitud de la Curva de Transición.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 197)

Cuando no exista Curva de Transición, se desarrolla una parte en la tangente y otra en la curva. La Tabla N° 10 indica las proporciones del peralte a desarrollar en tangente.

Tabla 10 – Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente*.

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

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 197)

(*) Las situaciones mínima y máxima, se permiten en aquellos casos en que, por la proximidad de dos curvas, existe dificultad para cumplir con algunas de las condicionantes del desarrollo del peralte.

c) Desarrollo del peralte entre curvas sucesivas: “Para el desarrollo adecuado de las transiciones de peralte entre dos curvas sucesivas del mismo sentido, deberá existir un tramo mínimo en tangente, de acuerdo

a lo establecido en la Tabla N° 11.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 198).

Tabla 11 – Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Velocidad (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mín. (m)	40	55	70	85	100	110	125	140	155	170	190

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 198)

7.- Derecho de vía o faja de dominio: Es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario.

La faja del terreno que conforma el Derecho de Vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo N° 034-2008-MTC y sus modificatorias, bajo los siguientes conceptos:

- a) Del ancho y aprobación del Derecho de Vía.
- b) De la libre disponibilidad del Derecho de Vía.
- c) Del registro del Derecho de Vía.
- d) De la propiedad del Derecho de Vía.
- e) De la propiedad restringida.
- f) De las condiciones para el uso del Derecho de Vía.

a) Ancho y aprobación del derecho de vía: Cada autoridad competente establecida en el artículo 4to del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, establece y aprueba mediante resolución del titular, el

Derecho de Vía de las carreteras de su competencia en concordancia con las normas aprobadas por el MTC.

Para la determinación del Derecho de Vía, además de la sección transversal del proyecto, deberá tenerse en consideración la instalación de los dispositivos auxiliares y obras básicas requeridas para el funcionamiento de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 198).

La Tabla N° 12 indica los anchos mínimos que debe tener el Derecho de Vía, en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

Tabla 12 – Tramos mínimos en tangente entre curvas del mismo sentido

Clasificación	Anchos mínimos (m)
Autopistas Primera Clase	40
Autopistas Segunda Clase	30
Carretera Primera Clase	25
Carretera Segunda Clase	20
Carretera Tercera Clase	16

Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 199)

En general, los anchos de la faja de dominio o Derecho de Vía, fijados por la autoridad competente se incrementarán en 5.00 m, en los siguientes casos:

- Del borde superior de los taludes de corte más alejados.
- Del pie de los terraplenes más altos.
- Del borde más alejado de las obras de drenaje
- Del borde exterior de los caminos de servicio.

Para los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas, la autoridad competente fijará el Derecho de Vía, en función al ancho requerido por la sección

transversal del proyecto, debiendo efectuarse el saneamiento físico legal, para cumplir con los anchos mínimos fijados en la tabla; excepcionalmente podrá fijarse anchos mínimos inferiores, en función a las construcciones e instalaciones permanentes adyacentes a la carretera. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

b) Demarcación y señalización del derecho de Vía:

La faja de terreno que constituye el derecho de vía de las carreteras del Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, será demarcada y señalizada por la autoridad competente, durante la etapa de ejecución de los proyectos de rehabilitación, mejoramiento y construcción de carreteras, delimitando y haciendo visible su fijación a cada lado de la vía con la finalidad de contribuir a su preservación, de acuerdo a lo establecido por la R.M. N° 404-2011-MTC/02, o la norma que se encuentre vigente.

En tal sentido este aspecto debe ser considerado en el estudio definitivo del Proyecto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

c) Faja de propiedad restringida: A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, dónde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches.

El ancho de dicha faja de terreno será de 5.00 m a cada lado del Derecho de Vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo, el establecimiento de dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades

del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas. Este ancho podrá ser mayor en los casos que se requiera, el mismo que deberá tener la evaluación técnica correspondiente que lo justifique y sea aprobado por la autoridad competente. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 199).

8.- Separadores: Los separadores son por lo general fajas de terreno paralelas al eje de la carretera, para separar direcciones opuestas de tránsito (separador central) o para separar calzadas del mismo sentido del tránsito. El separador está comprendido entre las bermas o cunetas interiores de ambas calzadas. Aparte de su objetivo principal, independizar la circulación de las calzadas, el separador puede contribuir a disminuir cualquier tipo de interferencia como el deslumbramiento nocturno, o como zona de emergencia en caso de despiste.

En terreno plano u ondulado el ancho del separador suele ser constante, con lo que se mantiene paralelas las dos calzadas. En terreno accidentado, el ancho del separador central es variable.

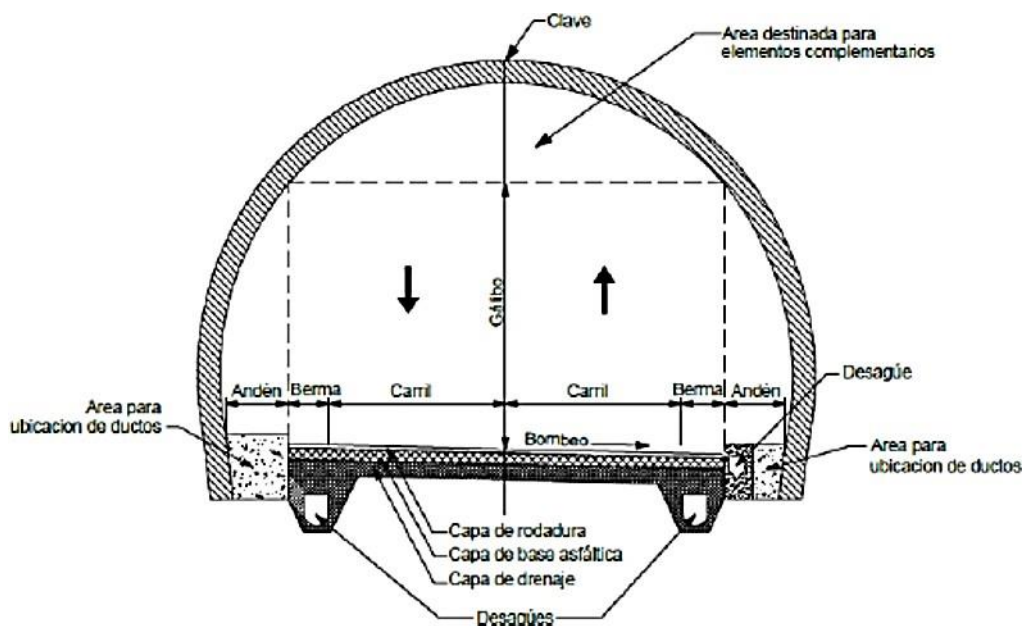
Se debe prever en el diseño que el separador tenga un apropiado sistema de drenaje superficial.

En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6.00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular. Por lo general los separadores laterales deben tener un ancho menor que el separador central. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pp. 199-200).

9.- Gálibo: Según el Manual DG-2018, se denomina Gálibo a la Altura Libre que existe entre la superficie de rodadura y la parte inferior de la superestructura de un puente carretero, ferroviario o peatonal. Dicha altura para el caso de túneles, se mide según lo indicado en la Figura 16. En puentes sobre cursos de agua se denomina Altura Libre, y es la que existe entre el nivel máximo de las aguas y la parte inferior de la superestructura de un puente. Dicho Gálibo para el caso de las carreteras será 5.50 m como mínimo. Para el caso de los puentes sobre cursos hídricos, la Altura Libre será determinada por el diseño particular de cada Proyecto, que no será menor a 2.50 m. Para los puentes sobre cursos navegables, se diseñará alturas libres acorde a las características y dimensiones de las naves que harán uso de la vía. Cuando una carretera pase debajo de una estructura vial, su sección transversal debe permanecer inalterada y los estribos o pilares de la obra debajo de la cual pasa, deberán encontrarse fuera de las bermas y/o de las cunetas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 200).

En la Figura N°16 se muestran casos típicos de gálibos y luces libres laterales:

Figura 16- Sección típica del túnel.



Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 200).

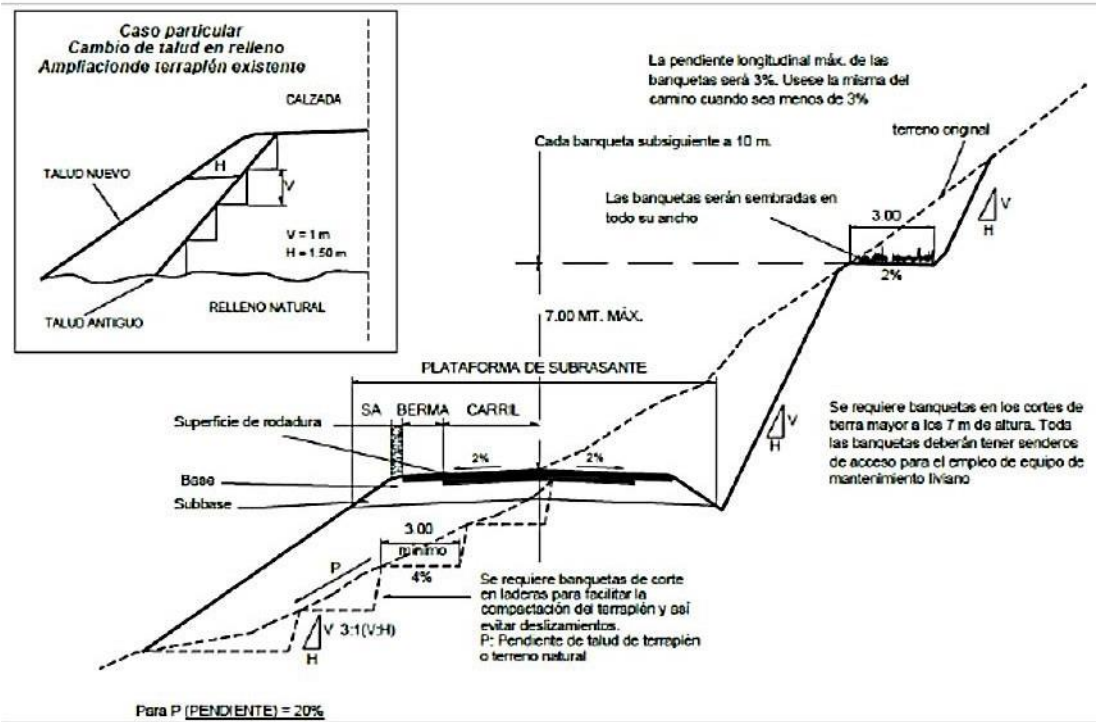
10.- Taludes: El talud es la inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal.

Los taludes para las secciones en corte, variarán de acuerdo a las características geo mecánicas del terreno; su altura, inclinación y otros detalles de diseño o tratamiento, se determinarán en función al estudio de mecánica de suelos o geológicos correspondientes, condiciones de drenaje superficial y subterráneo, según sea el caso, con la finalidad de determinar las condiciones de su estabilidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p. 202).

La Figura N° 17 ilustra una sección transversal típica en tangente a media ladera, que permite observar hacia el

lado derecho, el talud de corte y hacia el lado izquierdo, el talud del terraplén.

Figura 17- Sección transversal típica en tangente.



Fuente: “Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018”, por MTC (2018, p. 203).

2.2.1.6 Superficie de rodadura

1.- Terreno Natural: “Los caminos de tierra “no son más que una explanación debidamente compactada, condición ésta absolutamente necesaria, pues, en caso contrario, su deformación es inmediata. La tierra debe quedar consolidada lo más perfectamente que sea posible, para evitar asentos durante la explanación del camino”. (Ferrer, José M., 1967, p. 7)

La compactación de estos caminos debe hacerse siempre en presencia de la humedad óptima de Próctor, con la que se consigue obtener la mayor densidad. Para su determinación necesaria llevar a cabo un análisis, los cuales, en medios rurales, no son fáciles de ejecutar.

Esta humedad óptima no es una constante de cada suelo; depende de la intensidad del apisonado. Cuanto mayor es la fuerza de compactación, menor es el valor de la humedad óptima.

Para suelos arcillosos, la humedad óptima es del 20 al 30 por 100; para los suelos limo arcillosos, del 15 al 20 por 100, y para los arenos arcillosos, del 8 al 15 por 100. Los tantos por ciento indicados se refieren al peso en seco del terreno.

Una práctica que puede orientar sobre la cantidad correcta de humedad es la siguiente: Se humedece la tierra del camino y se hace una bola con la mano de tres a cuatro centímetros de diámetro, dejándola caer desde una altura aproximada de 1,5 metros. Cuando la muestra, así ensayada, tiene una humedad próxima a la óptima de Próctor, al chocar contra el suelo se deforma ligeramente sin resquebrajarse, deshacerse o aplastarse excesivamente. En los suelos arenosos, la humedad óptima es baja, creciendo la misma conforme aumente la cantidad de arcilla.

El perfil transversal del camino de tierra debe tener un bombeo o inclinación transversal del 4 al 6 por 100, sin que sea aconsejable sobrepasar este límite superior para evitar las erosiones superficiales debidas a las escorrentías del agua, ni tampoco del límite inferior, a fin de que el agua no sea retenida durante mucho tiempo sobre la superficie del camino. El camino debe tener un drenaje eficaz mediante la construcción de cunetas adecuadas.

Si en los caminos de tierra se forman baches con facilidad, se puede corregir este defecto añadiendo arena

y mezclando íntimamente la arena con el suelo del camino, lo cual puede lograrse mediante pases sucesivos de escarificadores agrícolas y gradas de discos, efectuando la compactación posteriormente.

Si los caminos son demasiado arenosos, conviene añadir algo de arcilla hasta lograr una estabilidad adecuada.

En cualquier caso, no debe emplearse tierra vegetal en ninguno de los estratos de construcción de un camino.

(Ferrer José M., 1967, pp. 7-8)

2.- Afirmado: Las carreteras no pavimentadas con revestimiento granular en sus capas superiores y superficie de rodadura corresponden en general a carreteras de bajo volumen de tránsito y un número de repeticiones de Ejes Equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de diez años; estas carreteras no pavimentadas pueden ser clasificadas como sigue:

a) Carreteras de tierra constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo y finos ligantes.

b) Carreteras gravosas constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75 mm.

c) Carreteras afirmadas constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm. Pudiendo ser estos: Afirmados con

gravas naturales o zarandeadas, ó Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado.

d) Carreteras con superficie de rodadura tratada con materiales industriales:

d.1 Afirmados con superficie tratada para el control de polvo, con materiales como: cloruros, aditivos, productos asfálticos (imprimación reforzada o diferentes tipos de sello asfáltico), cemento, cal u otros estabilizadores químicos.

d.2 Suelos naturales estabilizados con: emulsión asfáltica, cemento, cal, cloruros, geosintéticos y otros aditivos que mejoren las propiedades del suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 137)

Secciones de capa de afirmado: Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE (ver fórmula):

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valor del CBR de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

En las Tablas siguientes se presentan los espesores de afirmado propuestos considerando subrasantes con CBR

> 6% hasta un CBR > 30% y tráfico con número de repeticiones de hasta 300,000 ejes equivalentes.

Es necesario precisar que los sectores que presenten subrasantes con CBR menor a 6% (subrasante pobre o subrasante inadecuada), serán materia de un estudio específico de estabilización o reemplazo de Suelos de la Subrasante. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 137)

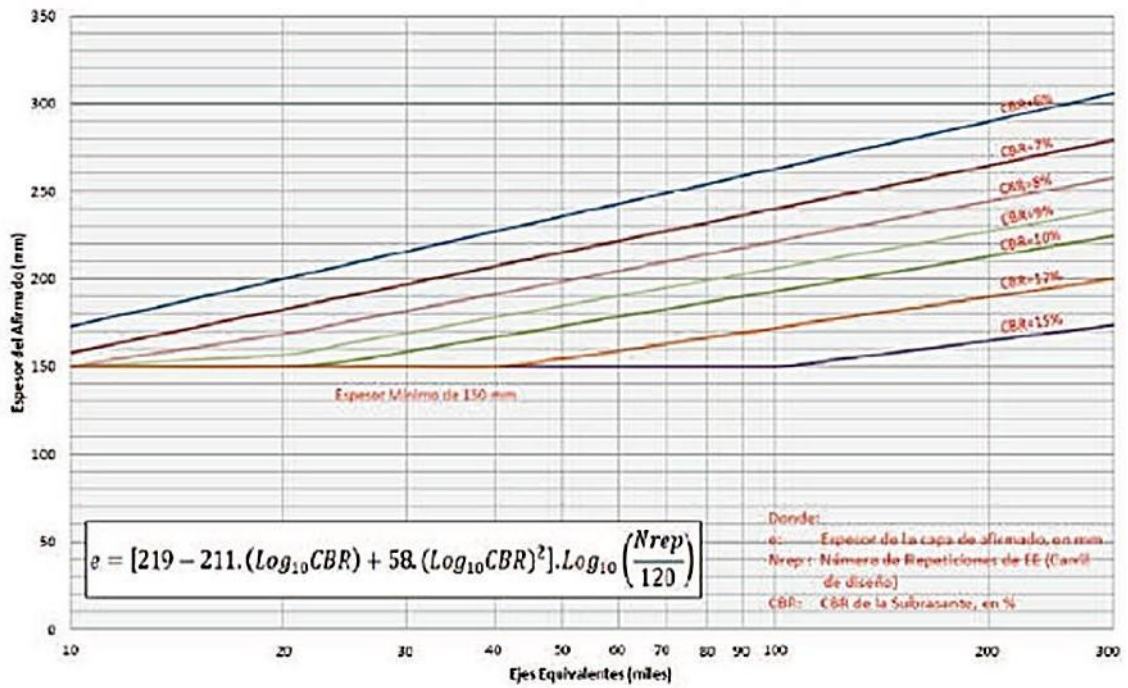
Tabla 13 – Cuadro Resumen del Espesor de Material del Afirmado

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC

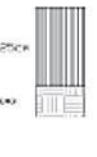
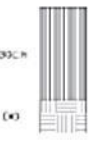
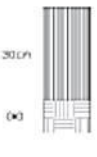
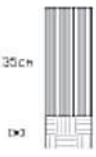
























(2013, p. 139)

Tabla 14 – Espesor de capa de Revestimiento Granular



Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC
 (2013, p. 140)

Tabla 15 – Catálogo de Capas de Afirmado (Revestimiento Granular)
Periodo de Diseño 10 años

EE CBR %	Tnp1	Tnp2	Tnp3	Tnp4
	< 25,000	25,001-75,000	75,001-150,000	150,001-300,000
CBR < 6%				
5% < CBR < 10%	CBR 6%-8% 			
	CBR 8%-10% 			
10% < CBR < 20%	CBR 10%-12% 			
	CBR 12%-20% 			
20% < CBR < 30%	CBR 20%-30% 			
CBR ≥ 30%				

Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC
 (2013, p. 141)

Materiales de afirmado: El material a usarse puede variar según la región donde se encuentre, cantera de cerro o de río, también se diferencia si se utilizará como una capa superficial o capa inferior, porque de ello depende el tamaño máximo de los agregados y el porcentaje de material fino o arcilla, cuyo contenido es una característica necesaria en la carretera de afirmado.

El afirmado es una mezcla de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla. Si por alguna razón no existe una adecuada combinación, el afirmado será pobre y no podrá cumplir con su resistencia necesaria para soportar las cargas de los vehículos.

El afirmado necesita de un porcentaje de piedras para que obtenga resistencia y pueda soportar cargas. Asimismo, necesita un porcentaje de arena clasificada, según tamaño, para llenar los vacíos entre las piedras y dar estabilidad a la capa y, necesariamente un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales de la capa de afirmado.

Existen pocos depósitos naturales de material que tiene una gradación ideal, donde el material sin procesar se puede utilizar directamente por lo que será necesario zarandear el material para obtener la granulometría especificada. En general, los materiales serán agregados naturales procedentes de excedentes de excavaciones o canteras o podrán provenir de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Las características que deberá de cumplir el material de afirmado será la que se describe en el presente Manual. No obstante, es importante indicar que todos los materiales para afirmados no son los mismos, en tal sentido, la calidad del material debe determinarse mediante ensayos.

Para la dosificación y mezcla del material para afirmado, se tendrá como referencia y punto de partida las gradaciones que se recomiendan en la Tabla N° 16 referidas a AASHTO M 147 y en la Tabla N° 17 referidas

a Federal Highway Administration. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p. 142)

Tabla 16 – Gradación del material de afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMO	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
50 mm (2")				
37.5 mm (1½")				
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (¾")				
12.5 mm (½")				
9.5 mm (3/8")	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (Nº 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (Nº 8)				
2.0 mm (Nº 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (Nº 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (Nº 200)	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Índice de Plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [retrido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%

Fuente: "Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", por MTC (2013, p. 143)

Tabla 17 – Gradación del material de afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	FHMA – PP 03	FHMA – SD LTAP
50 mm (2")		
37.5 mm (1½")		
25 mm (1")	100 (1)	
19 mm (¾")	97 – 100 (1)	100
12.5 mm (½")		
9.5 mm (3/8")		
4.75 mm (N° 4)	41 – 71 (7)	50 – 70
2.30 mm (N° 8)		57 – 67
2.0 mm (N° 10)		
4.25 um (N° 40)	12 – 28 (5)	13 – 35
75 um (N° 200)	9 – 16 (4)	4 – 15
Índice de Plasticidad	8 (4)	4 – 12
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Angeles	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [refundiendo al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)] (*)	Mín. 40%	Mín. 40%
Nota: (1) = Procedimiento estadístico no aplica () = desviación admisible (±) del valor indicado		

Fuente: “Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, por MTC
(2013, p. 144)

2.2.1.7 Costos y tiempos en carreteras

De la revisión de la 3ra edición del libro COSTOS Y TIEMPOS EN CARRETERA, escrito por el ing. Walter Ibáñez, podemos basarnos en la recopilación de información y experiencias obtenidas por el autor ya que siempre dedicó su tiempo al tema de caminos y carreteras. Nos enfocaremos principalmente en los costos directos, ya sea de construcción o de conservación, ya que los costos indirectos no tienen

relación directa en la ejecución o mantenimiento de una carretera.

1.- Costos directos: “El costo directo viene a ser la suma de la mano de obra, equipos, herramientas y materiales indispensables para la ejecución de algún proceso, en este caso la producción de una carretera.” (Ibáñez, W., 2011, p.7)

El producto es una carretera en construcción, rehabilitación, mejoramiento, y mantenimiento en donde existen una infinidad de actividades que se ejecutan en base a las Especificaciones Técnicas, Planos y diversos estudios propios de este producto. Saber cuál es el costo directo de una carretera es sencillo si se tienen los metrados y los costos unitarios de cada una de las partidas. Los metrados varían de acuerdo a la magnitud de la obra y los costos unitarios se calculan mediante un análisis bien detallado. (Ibáñez, W., 2011, p. 7)

Los costos unitarios pueden representarse por la siguiente fórmula:

$$C. U. = Mj + Ne + Oh + Pm$$

Donde:

j, e, h, m: Son variables (costo de mano de obra, equipo, herramientas y materiales).

M, N, O, P: Son variables condicionadas (cantidades consumidas de mano de obra, equipo, herramientas y materiales).

Las variables condicionadas pueden convertirse en constantes para una obra específica o para un rango de obras promedio. Para este caso este tipo de variables van a estar dadas como constantes, las cuales han sido

calculadas en base a la experiencia en los diferentes métodos constructivos, tipos de construcción y tendencia estadística. Estas constantes le facilitarán para calcular un costo unitario lo más aproximado posible. (Ibáñez, W., 2011, p. 7)

a) Mano de obra: El costo de la mano de obra está determinado por categorías (capataz, operario, oficial y peón).

Si bien es cierto que el Gobierno ha unificado el Jornal Básico para todos los departamentos del Perú, el costo de la mano de obra varía conforme a la dificultad o facilidad de la realización de la obra, el riesgo o la seguridad en el proceso constructivo, las condiciones climáticas, costumbres locales, etc.

El costo de la mano de obra es la sumatoria de los siguientes rubros que están sujetos a las disposiciones legales vigentes.

Categorías de los trabajadores de construcción civil:

El D.S. de fecha 02.03.15 establece las categorías de los trabajadores de construcción civil, asimismo las labores que deben realizar cada uno de ellos.

Operario: Trabajadores calificados en una especialidad en el ramo. En esta misma categoría se consideran a los maquinistas que desempeñan las funciones de los operarios mezcladores, concreteros, wincheros etc.

Oficial o ayudante: Los trabajadores que desempeñan las mismas ocupaciones pero que laboran como ayudantes del operario que tenga a su cargo la responsabilidad de la tarea y que no hubieran alcanzado

plena calificación en la especialidad. En la categoría de oficiales también están comprendidos los guardianes.

Peón: “Los trabajadores no calificados que son ocupados indistintamente en diversas tareas de la industria de la construcción.”

Capataz: “En lo referente a los capataces no existe ningún dispositivo legal que establece su categoría como tal. Pero puede clasificarse de la siguiente forma:”

Capataz A: Se refiere al capataz general de la obra.

Capataz B: Los trabajadores que dirigen las cuadrillas óptimas en materias de concretos, encofrados, armaduras, pavimentos, excavaciones con utilización de explosivos y excavaciones especiales.

Capataz C: Los trabajadores que dirigen las cuadrillas óptimas de materia de movimientos de tierras y obras preliminares. (Ibáñez, W., 2011, pp. 7-9)

b) Materiales: “En la ejecución de una carretera se integran materiales semi elaborados, elaborados, mano de obra, herramientas y equipos.”

“El costo de los materiales necesarios para la construcción de carreteras, son componentes básicos dentro de un análisis de costos unitarios. No deben incluir el impuesto general a las ventas (IGV), asimismo deberán ser determinados teniendo en cuenta los gastos que se requieren para ser colocados al pie de la obra, por tal razón el costo utilizado además de su costo exfábrica, debe ser incrementado con los siguientes rubros:”

Costo de flete: “El flete es el costo del transporte desde el lugar de fabricación o expendio hasta el almacén de la obra, el mismo que deberá ser ubicado en el centro de gravedad de la obra.”

Costo del manipuleo: “Manipular materiales es recoger y depositar, mover en un plano horizontal o vertical o ambos casos a la vez y por cualquier medio, materiales o productos de cualquier clase en estado bruto, semi acabado o completamente acabado.”

Costo de almacenamiento: “Almacenar es un servicio auxiliar en la construcción de las obras. Sus deberes son:”

- 1) Recibir todos los materiales necesarios para la construcción vial.
- 2) Proporcionar materiales y suministros mediante solicitudes autorizadas por el ing. Residente.
- 3) Llevar los registros de almacén necesarios.
- 4) Hacerse cargo de los materiales en el curso de la construcción.
- 5) Mantener el almacén limpio y en orden, teniendo un lugar para cada cosa y manteniendo cada cosa en su lugar.

Costo de mermas y desperdicios: “Merma es la porción de un material que se consumen naturalmente. Desperdicios son pérdidas irrecuperables e inutilizables de los materiales, desechos. Se presentan en el proceso de transporte desde el centro abastecedor hasta el almacén de la obra, en el proceso constructivo, etc., en fin son costos que deben de considerarse dentro del costo de un material. En el presente libro se considera el

5% del costo del material en el centro abastecedor (para aquellas que lo requieran).”

Costo de Viáticos: “Es la subvención por concepto de gastos de viaje, que se le abona al personal de seguridad que salvaguarda el transporte de Explosivos (dinamita, fulminante, guía, etc.) a la obra. Para fines de cálculo se considera el 30% del precio del material en el centro abastecedor.” (Ibáñez, W., 2011, pp. 9-10)

c) Equipos: “Este es un elemento muy importante y tiene una gran incidencia en el costo de las carreteras, sobre todo en las actividades de movimiento de tierras y pavimentos.”

“Para calcular el costo del alquiler horario de los equipos hay que tener presente dos elementos fundamentales:”

Costo de posesión: Donde incluye depreciaciones, intereses, capital, obligaciones tributarias, seguros, etc.

Costo de operación: Donde incluye combustibles, lubricantes, filtros, neumáticos, mantenimiento, operador y elementos de desgaste. (Ibáñez, W., 2011, p. 10).

d) Herramientas: “Se refiere a cualquier utensilio pequeño que va a servir al personal en la ejecución de trabajos simples y/o complementarios a los que se hace mediante la utilización del equipo pesado. En la construcción de carreteras se utilizan herramientas tales como: Cizalla para fierro de construcción, cortadoras, lijadoras, eléctricos de disco, motosierras, pulidoras, taladros (manuales y eléctricos), galopas, sepiños, tornos esmeriles, palas, picos, carretillas, etc.”

“Dado que el rubro herramientas en un Análisis de costos unitarios es difícil determinarlo, además de que incide muy poco, en el presente documento se está considerando un porcentaje promedio del 3% de la mano de obra, cuyo porcentaje ha sido calculado en base a criterios técnicos y a la experiencia en ejecución de carreteras.” (Ibáñez, W., 2011, p. 10).

e) Análisis de costos unitarios: Existen rubros en los presupuestos, que por ser netamente diferenciados y de considerable incidencia en el monto de ejecución de obra deberán ser consideradas debidamente separados.

Las partidas Genéricas que intervienen en los trabajos de construcción, mejoramiento y/o rehabilitación de una carretera son: (Ibáñez, W., 2011, p. 11).

- Obras Preliminares
- Explanaciones
- Pavimento
- Obras de Arte y Drenaje
- Señalización
- Varios

2.3. Marco Normativo

Para el desarrollo del diseño del diseño geométrico de carretera, se debe tener en cuenta las siguientes normas de diseño.

Norma técnica nacional: Las normas técnicas nacionales se aplican en compatibilidad con las normas internacionales para adoptar las dimensiones más asequibles y convenientes, cuando las son carreteras vecinales y trochas carrozable.

- ✓ Manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018.

- ✓ Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito-RM-N° 305-2008-MTC/02.
- ✓ Norma técnica peruana (NTP)
- ✓ Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos
- ✓ SLUMP: Sistema legal de unidades de medida del Perú.

Norma técnica internacional:

- ✓ AASHTO: American Association of state Highway and Transportation Officials.
- ✓ FHWA: Federal Highway administration-USA
- ✓ SI: Sistema Internacional de Unidades
- ✓ PIARC: Permanent International Association of Road Congresses.
- ✓ TBR: Transportation Research Board.

2.4. Definición de términos

1. **Carretera:** camino para el tránsito de vehículos motorizados por lo menos dos ejes.
2. **Autopista:** carretera de dos calzadas con limitados o control total de accesos a las propiedades colindantes.
3. **Berma:** franja longitudinal, afirmada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.
4. **Bombeo:** pendiente transversal de la plataforma en tramos tangente.
5. **Calzada:** parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.
6. **Carril:** franja longitudinal que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.
7. **Curva vertical:** curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferentes pendientes.

8. **Derecho de vía:** faja de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera y todas sus obras accesorias.
9. **Eje:** línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.
10. **Pavimento:** es la estructura construida sobre la subrasante, para los siguientes fines:
 - a) resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos
 - b) mejorar las condiciones de comodidad y seguridad para el tránsito.
11. **Pendiente:** inclinación de una rasante en el sentido de avance.
12. **Peralte:** inclinación transversal de la plataforma en los tramos de curva.
13. **Plataforma:** ancho total de la carretera a nivel de subrasante.
14. **Ramal:** vía que une las calzadas que confluyen en una intersección para solucionar los distintos movimientos de los vehículos.
15. **Rasante:** línea que une las cotas de una carretera terminada.
16. **Sección transversal:** corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.
17. **Subrasante:** superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.
18. **Distancia de parada:** es la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objetivo u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.

19. Velocidad de diseño o velocidad directriz: es la máxima velocidad a la cual un conductor de habilidad media manejando con razonable atención puede circular con entera seguridad.

20. PI: es la unión de dos líneas o punto de intersección de dos tangentes.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

Si es factible proponer el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018.

2.5.2. Hipótesis específicos

a) Los estudios previos a realizar para el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018 son; estudio de mecánica de suelos, estudio hidrológico, estudio hidráulico y estudio topográfico.

b) La metodología adecuada para el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, se basa en la según la norma DG-2018.

c) El costo de construcción para la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores - Huancavelica, garantiza la viabilidad del proyecto.

2.6. Variables

2.6.1. Definición conceptual de la variable

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

Y = Diseño geométrico.

Indicadores:

- a) sección transversal.
- b) superficie de rodadura.

X = Costos.

Indicadores:

- a) Costos de construcción.

2.6.2. Definición operacional de la variable

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

Tabla 18 – Variables de investigación.

Variable Independiente	Variable Dependiente
Diseño geométrico	Costos

Fuente: Elaboración propia.

2.6.3. Operacionalización de la Variable

Tabla 19 – Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
Diseño geométrico	Sección transversal. Superficie de rodadura.	a) Velocidad. b) Radio y peralte. c) Sobreebanco. d) Sección de carril. e) Berma. a) Terreno natural. b) afirmado.	Magnitudes (m/s, m, %)	Manuales MTC. Manuales internacionales.
Costos	Costos de construcción.	a) Costos de movimiento de tierras.	Presupuesto(soles) Metrados (m3, m2, und, glb, etc)	S10 metrados y presupuestos.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método general de investigación fue el científico y como método específico se utilizó el inductivo-deductivo; dado que se tratará con un caso en particular y realizar para su aplicación a otras obras de mayor envergadura.

3.2. Tipo de Investigación

El enfoque de la investigación fue de tipo cualitativo debido a que se recolectó datos de tipo descriptivo, por lo que se realizó una investigación histórica de los criterios de diseño geométrico de carreteras de bajo volumen de tránsito en normas nacionales e internacionales, y además de observaciones de diferentes expedientes técnicos con el fin de proponer los parámetros de diseño geométrico en trochas.

3.3. Nivel de investigación

La investigación fue de nivel descriptiva ya que la finalidad fue estimar parámetros o criterios de diseño geométrico de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito en normas nacionales e internacionales para su análisis y comparación.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental, porque se realizó un estudio y una investigación histórica de las normas nacionales e internacionales de carreteras rurales con $IMDA < 200$ Veh/Día.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de estudio fue el conjunto de trochas carrozables en las zonas rurales del Perú. Asimismo, este estudio va para los planes viales provinciales de todo el país, para caracterizar el IMD y las secciones de vías existentes en las redes vecinales, ya que

según el MTC el 80% de la red vecinal presenta secciones que se categorizan como trochas y el 95% tiene un IMD < 50 veh/día.

3.5.2. Muestra

A partir de lo mencionado en la población de estudio, la muestra elegida para la investigación es perteneciente a una red vecinal, el cual fue el tramo vial que unirá el C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tipos de técnicas e instrumentos: Para determinar la sección transversal usamos Manuales del MTC y Manuales Internacionales como la Norma AASHTO (2011) y la Overseas Road Note #6 (INGLATERRA).

Para conocer la correcta superficie de rodadura, se hizo investigación de manuales del MTC para conocer si el terreno natural o el afirmado será lo más adecuado de acuerdo a su función y su costo.

Para el presupuesto que determina el costo de construcción y mantenimiento se realizó en S10, teniendo de cada partida su respectivo metrado y costo unitario.

Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos: Los principales criterios usados para evaluar la validez y confiabilidad fue debido a que los Manuales tanto peruanas como internacionales han sido utilizados para el correcto diseño geométrico de una carretera, por lo que los parámetros que analizamos cumple con estándares de seguridad y economía.

Para obtener el costo en S10, se hizo un Análisis de Costos Unitarios con precios actuales y metrados obtenidos con el programa Civil 3D.

Procedimiento para la recolección de datos: El procedimiento para la recolección de datos fue lo siguiente:

- Se hizo la investigación de normas de caminos rurales tanto nacionales como internacionales.

- Obtuvimos las partidas necesarias para la construcción y mantenimiento de una carretera y sus respectivos ACU (Análisis de Costos Unitarios).
- Uso de formatos elaborados por fuente propia para la toma de datos, la interpretación de resultados y la evaluación de parámetros.

3.7. Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información, se tuvo en cuenta lo siguiente programas:

Microsoft Excel: Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados y datos obtenidos.

Microsoft Word: Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en campo y de los ensayos realizados.

AutoCAD: Para establecer la localización, delimitación, puntos de investigación y área de influencia del proyecto.

S-10: Para determinar el costo del proceso constructivo de la carretera.

3.8. Técnicas y análisis de datos

La técnica a utilizar para procesar los datos obtenidos en el trabajo de investigación fue en base a los criterios de diseño del Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del MTC, y también en base a los criterios de diseño de las Normas Internacionales como la Norma AASHTO; en el cual tuvimos parámetros de diseño geométrico en trochas de IMDA < 200 Veh/día para su posterior análisis y planteamiento de mejoras geométricas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados específicos

A) Estudios previos para el diseño geométrico de la carretera:

- **Estudio topográfico:** Todo estudio topográfico realizado por el profesional responsable contempla las etapas siguientes:

a.- Metodología de trabajo:

1.- Planeamiento: “La etapa del planeamiento consistió en el establecimiento de las condiciones geométricas, técnicas, económicas y de factibilidad que permiten la elaboración de un anteproyecto para realizar un levantamiento dado, destinado a satisfacer una determinada necesidad. Esta etapa está ligada con la pre evaluación, la cual deberá tener en cuenta factores de precisión requerida, disponibilidad de equipo, materiales, personal y demás facilidades, o sus requerimientos, incluyendo la consideración de factores ambientales previstos, de modo que sea posible hacer un planeamiento óptimo y establecer las normas y procedimientos específicos del levantamiento de acuerdo a las normas contenidas en este documento o las requeridas en casos específicos o especiales.”

2.- Reconocimiento y monumentación: “El reconocimiento y la monumentación consistió en las operaciones de campos destinados a verificar sobre el terreno las características definidas por el planeamiento y a establecer las condiciones y modalidades no previstas por el mismo. Las operaciones que en este punto se indican deben desembocar necesariamente en la elaboración del proyecto definitivo. Por otra parte, esta etapa contempla el establecimiento físico de las marcas o monumentos del caso en los puntos pre establecidos.”

3.- Trabajos de campo: “Los trabajos de campo están constituidos por el conjunto de observaciones que se realizan directamente sobre el terreno para realizar las mediciones requeridas por el proyecto, de acuerdo con las normas aplicables. Los cálculos y comprobaciones de campo se considerarán como parte integral de las observaciones, se hacen inmediatamente al final de las mismas. Tienen como propósito verificar la adherencia de los trabajos a las normas establecidas. Así también de recopilar puntos topográficos, fotografías, croquis, análisis de sistemas existentes, aspectos planimétricos y altimétricos además de reconocimiento general para el procesamiento.”

4.- Trabajos de georeferencia: Los trabajos de georeferencia están ligados a la conversión de coordenadas relativas hacia absolutas de acuerdo al sistema a utilizarse (WGS84), para de esta manera compartir información satelital entre el archivo de diseño (autocad) y la realidad. Y de la misma manera realidad hacia archivo cad deben compartir información respectivamente a partir de un BM oficial o auxiliar.

5.- Trabajos de gabinete: “Los cálculos de gabinete proceden inmediatamente a la etapa anterior y están constituidos por todas aquellas operaciones que, en forma ordenada y sistemática, calculan las correcciones y reducciones a las cantidades observadas y determinan los parámetros de interés mediante el empleo de criterios y fórmulas apropiadas que garanticen la exactitud requerida. El ajuste o compensación deberá seguir, cuando sea aplicable, al cálculo de gabinete.” No se realizará los trabajos de gabinete antes de asegurarse la ubicación real de los puntos sobre donde pertenecen es decir los puntos topográficos deben de ser georeferenciados antes de procesarse. El resultado final será el plano topográfico y la georeferencia kml.

b.- Trabajo de campo:

1.- Planeamiento: “Consistió en la pre evaluación, la cual deberá tener en cuenta factores de precisión requerida, disponibilidad de equipo, materiales, personal y demás facilidades, o sus requerimientos, incluyendo la consideración de factores ambientales previstos, de modo que sea posible hacer un planeamiento óptimo y establecer las normas y procedimientos específicos del levantamiento de acuerdo a las normas contenidas.”

Equipo humano de trabajo: El equipo humano que intervino en la ejecución del proceso de levantamiento topográfico fueron los siguientes:

- ✓ VOLVISON HUGO CCANCCE (Topógrafo)
- ✓ DANY ALVARADO MENDOZA (Cadenero 01)
- ✓ CESAR ECHEVARRIA AUQUI (Cadenero 02)
- ✓ LEOPOLDO ALMEYDA OCHOA (Cadenero 03)
- ✓ IRVIN ALMEYDA OCHOA (Pintor 01)

Equipos topográficos: El equipo topográfico utilizado en campo fue llevado a cabo utilizando los siguientes equipos y materiales:

- ✓ ESTACIÓN TOTAL TOPCON ES-105.
- ✓ GPS OREGÓN 650-TACTIL.
- ✓ 04 PRISMAS PARA CADA CADENERO.
- ✓ 05 RADIOS MODELO MOTOROLA MJ270MR
- ✓ WINCHA Y FLEXÓMETRO.
- ✓ CÁMARA FOTOGRÁFICA DIGITAL.
- ✓ LIBRETAS DE CAMPO.
- ✓ JUEGO DE LLAVES HEXAGONALES.

Equipos de protección: Los equipos de protección personal que se utilizaron en los trabajos de campo fueron los siguientes:

- ✓ CHALECOS REFLECTIVOS.
- ✓ ZAPATOS DE SEGURIDAD.

✓ PROTECTOR.

✓ GUANTES.

✓ CAPAS.

Insumos: Los insumos para los trabajos de campo de monumentación de elementos topográficos (estaciones, Bench Marck) y descripción de identificación de progresivas cada 20 ml; en tal sentido los insumos utilizados fueron los siguientes:

✓ PINTURA LÁTEX COLOR BLANCO Y ROJO.

✓ THINNER.

✓ BROCHA DE 4 PULGADAS.

✓ PINCELES.

✓ RECIPIENTES.

✓ ESTACAS DE FIERRO DE ½ PULGADAS.

✓ CEMENTO.

✓ AGREGADO GRUESO.

Movilidad: La movilidad de uso para movilización de equipo humano y equipos topográficos además de trasladarse hacia el abastecimiento de alimentación y estadía:

✓ CAMIONETA HILUX 4X4.

2.- Reconocimiento y monumentación: “El reconocimiento y la monumentación consistieron en las operaciones de campos destinados a verificar sobre el terreno las características definidas por el planeamiento y a establecer las condiciones y modalidades no previstas por el mismo.”

Las operaciones que en este punto se indican deben desembocar necesariamente en la elaboración del proyecto definitivo. Por otra parte, esta etapa contempla el establecimiento físico de las marcas o monumentos del caso en los puntos pre establecidos.

Monumentación: La monumentación de elementos topográficos (estaciones y Bench Marck) además de vértices de la poligonación:

- ✓ Se realizó la monumentación de vértices de la poligonación abierta.
- ✓ Se realizó la monumentación de estaciones y Bench Marck las cuales son esenciales para el proceso de levantamiento topográfico.
- ✓ Se realizó la identificación de progresivas cada 20.00 ml en todo el eje de intervención.

Tendido de poligonación abierta: Se realizó el tendido de la poligonación abierta además de su monumentación de cada vértice para realizar reconocieron y delimitaron las zonas de trabajo las cuales son las siguientes a partir de un solo punto conocido, por levantamiento de poligonales, un método que consiste en medir distancias horizontales y azimut a lo largo de una línea quebrada:

- ✓ Se monumentaron 46 vértices a lo largo del ámbito de intervención del proyecto.
- ✓ La longitud total de la poligonación es de una longitud total de 6,858.13 ml.

Trabajos insitu: El trabajo de campo consistió básicamente en la toma de datos y la ubicación de puntos en la el área y perímetro de tramo que unirá el Centro Poblado de Santa Rosa de Chopcca y el Centro Poblado de Los Libertadores, los cuales se encuentran dentro de los Distritos de Yauli y Paucara de la Provincia de Huancavelica y Acobamba en el departamento de Huancavelica respectivamente, (relieve topográfico, infraestructuras existente, servicios existentes, detalles planímetros y altimétricos) que sirvan para realizar la ubicación de cada componente según el proyecto cálculo, diseños que se generan a partir del plano topográfico georeferenciado y faciliten el replanteo durante la ejecución para tal situación se monumento BMs y puntos de estación utilizados durante este proceso.

Recopilación de información: Para la elaboración del estudio, se ha obtenido la siguiente información:

- ✓ Carta Nacional Hoja 26n, 26m, 27m, 27n en Huancavelica, escala 1:100 000.
- ✓ La visualización de los mapas digitales (archivos Shapefile), se realizó en el programa Arcv2CAD 5.0, herramienta GIS (Sistema de información Geográfica), de esta manera se permitió la exportación de datos hacia los programas de la familia AUTO DESK.

c.- Trabajo de gabinete:

1.- Procesamiento de la información de campo: Toda la información tomada en el campo por la Estación Total fue transferida a una PC y recepcionada en la misma, mediante la descarga de datos de la estación a la PC. El procesamiento de toda la información de campo se realizó con el Software de Topografía Autocad Civil 3D Versión 2019.

2.- Dibujo: Concluido los procesamientos de datos se procedió a digitalizar las poligonales en AutoCad Civil Versión 2019. Se digitalizó el manzaneo, se dibujó los ejes de la Línea proyectada de distribución y todos los detalles que se especifican en el Plano Topográfico para posteriormente generar los perfiles y secciones para su respectivo diseño del proyecto.

Se anexa a la presente, el respectivo base de datos del levantamiento topográfico (ver anexo 02).

- **Estudio Hidrológico:** El estudio hidrológico permite determinar el caudal de diseño, para el diseño de las estructuras, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica del área de influencia, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño.

Para determinar los caudales picos y por tratarse de área de influencia pequeñas (generalizadas) se emplea el método racional,

el cual corresponde a una relación directa entre el área de influencia, las intensidades de las precipitaciones y los coeficientes de escorrentía en un comportamiento determinístico.

1.- Interfaz de software computacional (HidroEsta): La simulación se llevó a cabo mediante el software computacional HidroEsta, con el fin de minimizar los cálculos tediosos de las ecuaciones.

El software computacional HidroEsta, es una herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos. El software permite el cálculo de los parámetros estadísticos, cálculos de regresión lineal, no lineal, simple y múltiple así como regresión polinomial, evaluar si una serie de datos se ajustan a una serie de distribuciones, calcular a partir de la curva de variación estacional o la curva de duración, eventos de diseño con determinada probabilidad de ocurrencia, realizar el análisis de una tormenta y calcular intensidades máximas, a partir de datos de pluviogramas, los cálculos de aforos realizados con molinetes ocorrentómetros, el cálculo de caudales máximos, con métodos empíricos y estadísticos, cálculos de la evapotranspiración y cálculo del balance hídrico.

Dicho software computacional posee las siguientes características:

- ✓ Se trata de un software bastante “amigable”, que brinda la facilidad y la mayor comodidad a los usuarios –tanto en sus fases de instalación como de operación, sin necesidad de asesoramiento o un nivel avanzado de informática.
- ✓ Posee una gran navegabilidad, acorde a la secuencia lógica del proceso de cálculo de los estudios hidrológicos.
- ✓ Permite exportar sus informes a formatos compartidos, como la hoja de cálculo XLS y el gráfico BMP, para que el usuario pueda

elaborar informes personalizados o adecuados a sus propias necesidades.

- ✓ Sus herramientas para el ingreso de datos son rápidas, intuitivas y novedosas, que cuenta este con un interfaz interactivo.
- ✓ El software cuenta con gran capacidad para representar problemas reales de hidrología, permitiendo analizar todos los estudios hidrológicos.

Tabla 20 – Datos de la estación meteorológica de CO - Huancavelica.

PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO VECINAL DESDE EL CENTRO POBLADO DE SANTA ROSA DE CHOPCCA (0+000 KM) AL CENTRO POBLADO DE LOS LIBERTADORES (4+780 KM), DISTRITOS DE YAULI Y PAUCARA, PROVINCIAS DE HUANCAMELICA Y ACOBAMBA, DEL DEPARTAMENTO DE HUANCAMELICA"														
OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA														
ESTACION	: CO - HUANCAMELICA				LATITUD	: 12°46'17.66"		DPTO.	: HUANCAMELICA					
PARAMETRO	: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)				LONGITUD	: 75°00'44.52"		PROV.	: HUANCAMELICA					
					ALTITUD	: 3701 msnm		DIST.	: HUANCAMELICA					
AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MAX. ANUAL	PROM.
1995	21.00	16.30	17.10	15.80	7.40	2.40	6.60	0.00	12.60	7.40	9.00	8.40	21.00	10.33
1996	12.60	15.90	15.00	7.60	9.20	5.20	5.50	8.80	9.00	6.10	7.60	11.60	15.90	9.51
1997	9.60	11.00	11.00	7.10	4.40	5.60	0.00	7.60	16.00	8.70	17.60	11.40	17.60	9.17
1998	14.90	10.80	10.00	9.30	1.10	5.80	0.00	5.90	5.00	8.60	7.20	30.50	30.50	9.09
1999	16.90	13.10	9.10	11.70	9.00	2.80	3.90	3.50	12.30	11.30	8.10	9.30	16.90	9.25
2000	12.00	12.40	10.90	10.40	4.30	3.70	6.30	6.10	9.60	10.90	9.40	8.90	12.40	8.74
2001	12.10	13.20	28.30	8.80	7.30	0.00	11.20	8.20	11.20	10.00	12.20	10.70	28.30	11.10
2002	9.70	21.80	26.20	9.40	6.30	5.80	10.00	10.30	10.80	11.20	14.40	15.50	26.20	12.62
2003	17.80	28.80	30.40	17.30	5.50	0.00	7.40	10.50	12.20	11.00	6.30	17.00	30.40	13.68
2004	8.00	14.70	15.20	9.40	4.20	11.60	10.70	10.40	11.20	7.60	11.70	15.50	15.50	10.85
2005	13.20	10.00	11.40	11.90	6.90	3.80	2.10	2.30	10.90	9.00	10.00	8.60	13.20	8.34
2006	13.60	14.00	10.90	12.60	0.00	5.20	0.00	8.50	6.80	11.00	10.20	11.90	14.00	8.73
2007	8.90	15.20	13.80	9.40	5.50	0.00	2.70	3.60	9.90	9.30	9.90	10.90	15.20	8.26
2008	12.70	16.50	9.90	3.60	2.70	2.50	5.90	9.60	7.60	13.50	8.20	10.20	16.50	8.58
2009	30.60	85.50	18.90	12.50	5.80	2.10	11.20	5.00	9.20	11.60	16.80	15.60	85.50	18.73
2010	21.30	15.50	14.90	10.50	3.80	2.10	0.00	4.80	4.50	23.50	24.30	21.50	24.30	12.23
2011	24.90	27.20	25.50	12.10	4.10	1.10	7.80	5.40	11.70	8.50	24.50	20.60	27.20	14.45
2012	14.50	31.40	20.20	25.50	5.10	4.60	5.90	3.70	25.70	13.60	23.80	37.50	37.50	17.63
2013	17.80	24.20	37.40	16.20	8.90	5.40	5.40	21.50	14.60	14.80	6.30	23.00	37.40	16.29
2014	17.80	16.00	12.40	12.90	16.70	2.90	8.10	5.10	12.60	15.10	7.70	15.10	17.80	11.87
PROM.	15.50	20.68	17.43	11.70	5.91	3.63	5.54	7.04	11.17	11.14	12.26	15.69	25.17	11.47

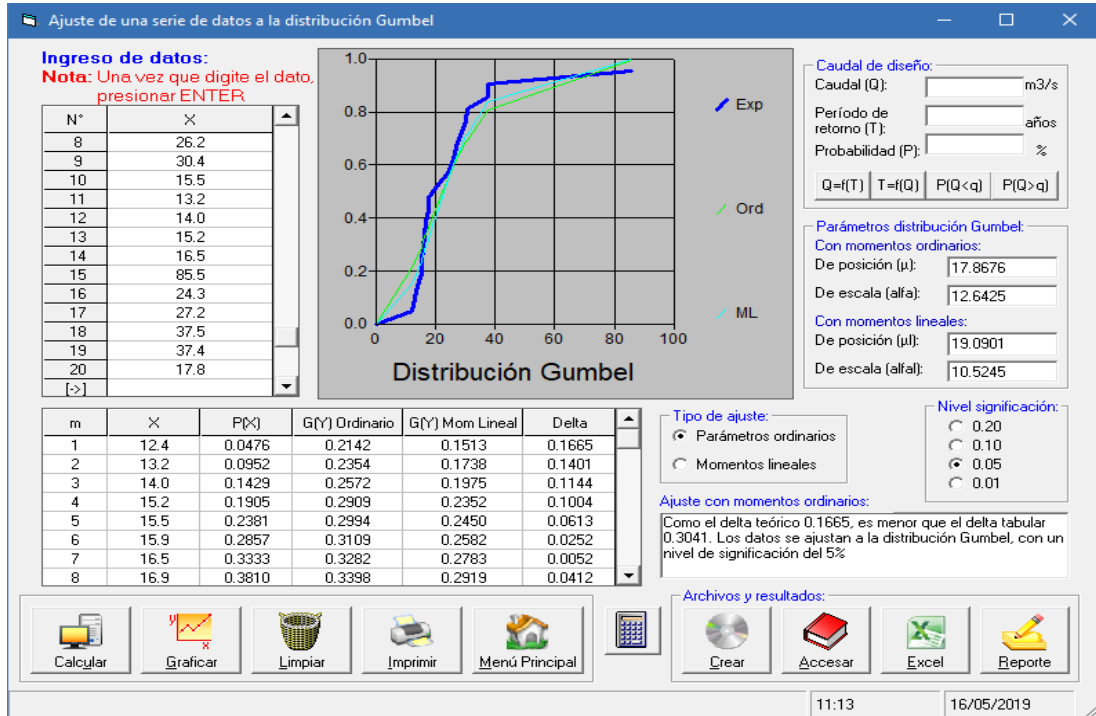
AÑO	MAX. ANUAL
1995	21.00
1996	15.90
1997	17.60
1998	30.50
1999	16.90
2000	12.40
2001	28.30
2002	26.20
2003	30.40
2004	15.50
2005	13.20
2006	14.00
2007	15.20
2008	16.50
2009	85.50
2010	24.30
2011	27.20
2012	37.50
2013	37.40
2014	17.80

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm) ESTACION METEOROLOGICA DE CO - HUANCAMELICA

Fuente: Elaboración Propia.

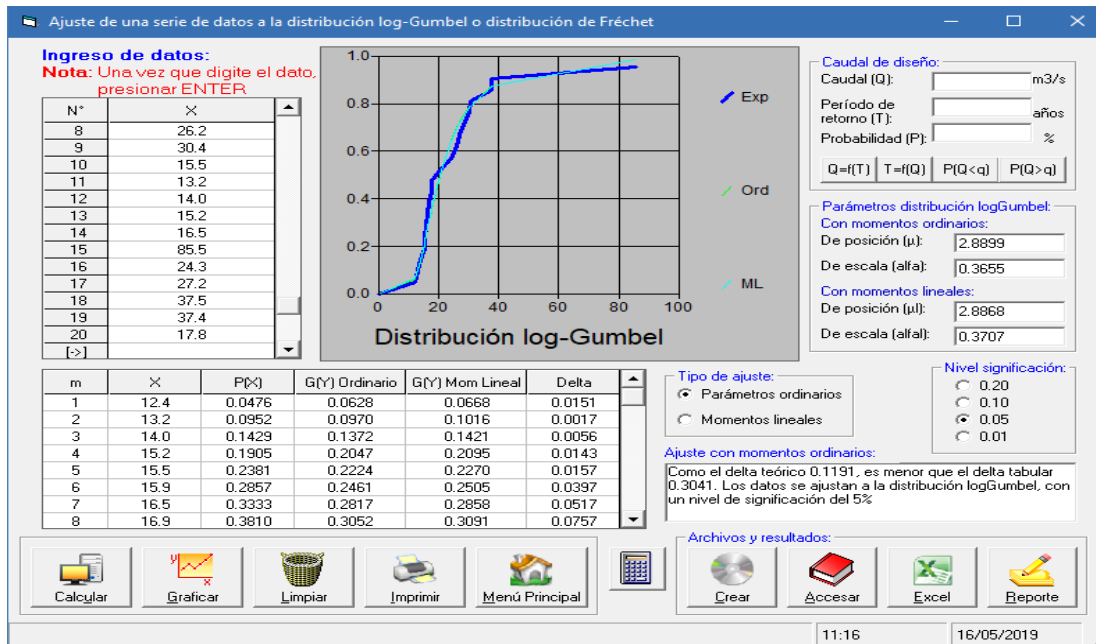
- ✓ Luego del procesamiento de datos, mediante el software HidroEsta, se tiene los siguientes resultados:

Figura 18- Distribución gumbel.



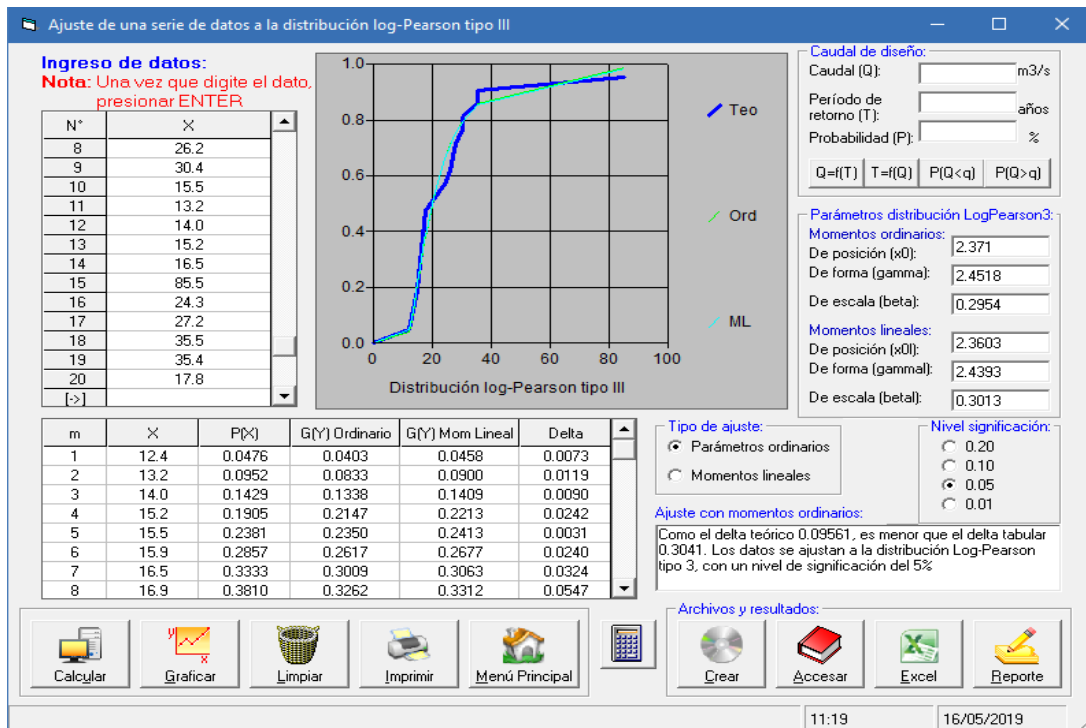
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19- Distribución log-gumbel.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 20- Distribución log-pearson tipo III.



Fuente: Elaboración Propia.

- **Estudio de mecánica de suelos:** El presente estudio tiene por objeto investigar el suelo y subsuelo del terreno asignado al proyecto: “DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA C.P. SANTA ROSA DE CHOPCCA AL C.P. LOS LIBERTADORES – HUANCAVELICA, SEGÚN LA NORMA DG-2018”, por medio de trabajos in-situ a través de pozos de exploración o calicatas “a cielo abierto”, ensayos de laboratorio; estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia y deformación de sus componentes.

Investigaciones de campo: El trabajo se inició con el reconocimiento de la zona, la exploración del terreno a través de la excavación de calicatas y toma de muestras cada 500 metros. En el recorrido se ha realizado la exploración, se han extraído muestras y se realizaron los respectivos ensayos requeridos.

a. Excavación de calicatas: Se realizaron excavaciones manuales a cielo abierto (calicatas), realizadas con pico y pala, se ha registrado 10 calicatas con muestras de diversos tipos de suelos según la clasificación SUCS y AASHTO según se detalla en el perfil estratigráfico.

La excavación se ha realizado en el tramo donde se plantea el proyecto, cumpliendo con una profundidad mínima de 1.50m, siempre y cuando las condiciones de la zona y la naturaleza del suelo lo permita.

En la excavación se realizó la descripción del perfil estratigráfico con sus respectivos espesores, teniendo en cuenta el tipo de suelo, nivel freático, materia orgánica, porcentaje de partículas mayores a 3", humedad, plasticidad y densidad. De la calicata se extrajeron muestras de los diferentes estratos para la ejecución de los ensayos de laboratorio correspondientes, para lo cual la muestra fue identificada convenientemente y embalada en bolsas de polietileno.

b. Toma de muestras: El método de exploración empleado, ha sido practicado a través de una calicata a cielo abierto. La ubicación de la calicata de sondeo se ha determinado, de tal manera que se representativa dentro de la superficie estudiada y en función a la aplicación de fuerzas y esfuerzos activos exteriores.

c. Relación de calicatas y numero de muestras extraídas: En la tabla N°21, se presenta la relación de las calicatas realizadas en el programa desarrollado en el campo, ha sido elaborado específicamente con la finalidad de obtener información de la conformación existente del suelo donde se plantea el proyecto, así como la formación estratigráfica de los suelos subyacentes y evaluar las propiedades físicas y mecánicas que tienen estos, cuando son sometidos a esfuerzos en general.

Las investigaciones se han realizado por medio de una excavación de pozo a cielo abierto cuya profundidad y ubicación se determinó considerando las probables cargas que se transmitirán, así como presiones de contacto entre sub base, base y estructuras, de tal manera que se ha elegido la zona de mayor incidencia de fuerzas verticales de acuerdo a los lineamientos del proyecto y datos proporcionados para este fin.

Tabla 21 – Relación de calicatas y muestras extraídas.

PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA
00+500	C-1	M-1
01+000	C-2	M-1
01+500	C-3	M-1
02+000	C-4	M-1
02+500	C-5	M-1
03+000	C-6	M-1
03+500	C-7	M-1
04+000	C-8	M-1
04+500	C-9	M-1
05+000	C-10	M-1

Fuente: Elaboración Propia.

d. Ensayos de laboratorio: Con la muestra de suelo que se obtuvo de la calicata se realizaron ensayos estándar, con los cuales se identifican los tipos de suelo, se determina sus constantes físicas – mecánicas y propiedades de capacidad de soporte.

Ensayos estándar:

- ✓ Análisis Granulométrico por tamizado (MTC E-107)
- ✓ Limite Líquido (MTC E-110)
- ✓ Limite Plástico (MTC E-111)
- ✓ Contenido de humedad (MTC E-108)
- ✓ Clasificación SUCS (ASTM D-2487)
- ✓ Clasificación AASHTO (AASHTO M-145)

Ensayos especiales:

- ✓ Compactación “proctor modificado” (MTC E-115)
- ✓ Relación de soporte de california – CBR (MTC E-132)

Descripción de la conformación del subsuelo: Las tablas siguientes han sido elaborados en función a los resultados de los ensayos de laboratorio; los cuales forman parte de los anexos respectivos.

En la tabla N°22, se presenta el resumen de los ensayos con el objeto de determinar las características físicas y mecánicas de las muestras extraídas del pozo de exploración.

Tabla 22 – Resumen de ensayos de suelos.

N° DE CALICATA	PROGRESIVA	N° DE MUESTRA	PROFUNDIDAD	LIMITE LIQUIDO	INDICE DE PLASTICIDAD	%HUMEDAD	CLASIFICACION AASHTO SUCS	
C-1	00+500	M-1	1.50	18.52	NP	8.59	A-1-a(0)	GM
C-2	01+000	M-1	1.50	31.30	17.60	16.60	A-6 (4)	GC
C-3	01+500	M-1	1.50	41.29	14.36	18.44	A-7-6(9)	ML
C-4	02+000	M-1	1.50	35.70	10.12	11.56	A-4(1)	GM
C-5	02+500	M-1	1.50	33.70	10.44	11.37	A-4(15)	CL
C-6	03+000	M-1	1.50	36.22	12.22	4.80	A-6(3)	SC
C-7	03+500	M-1	1.50	31.85	14.46	15.22	A-6(17)	CL
C-8	04+000	M-1	1.50	34.13	NP	17.64	A-4(4)	ML
C-9	04+500	M-1	1.50	42.77	6.41	34.64	A-5(4)	ML
C-10	05+000	M-1	1.50	40.93	2.04	18.14	A-4(1)	SM

Fuente: Elaboración Propia.

Proctor modificado: El ensayo de proctor modificado (ASTM D-1557), se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que, a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que, al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra.

Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación. Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación.

El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, el grado de llenar casi los vacíos

el suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pistón.

California bearing ratio CBR: El índice de california (CBR) es una mediada de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas. Se usa en el proyecto de pavimentos flexibles auxiliándose de curvas empíricas.

Se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón a la misma profundidad en una muestra de tipo piedra partida. Los valores de carga unitaria para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón están determinados.

El CBR que se usa para proyectos, es el valor que se obtiene para una profundidad de 0.1 pulgadas. Como el CBR de un agregado varia a su grado de compactación y el contenido de humedad, se debe repetir cuidadosamente en el laboratorio las condiciones del campo, para lo que se requiere un control minucioso. A menos que sea seguro que el suelo no acumulara humedad después de la construcción, los ensayos CBR se llevan a cabo sobre muestras saturadas. En la tabla N°23, se presenta el resumen del ensayo.

Tabla 23 – Resumen de ensayos CBR.

N° DE CALICATA	PROGRESIVA	N° DE MUESTRA	PROFUNDIDAD	CBR 95% MDS	CBR 100% MDS
C-1	00+500	M-1	1.50	10.50	10.92
C-2	01+000	M-1	1.50	9.20	9.30
C-3	01+500	M-1	1.50	9.75	10.93
C-4	02+000	M-1	1.50	12.82	13.37
C-5	02+500	M-1	1.50	11.63	11.87
C-6	03+000	M-1	1.50	12.51	12.80
C-7	03+500	M-1	1.50	12.10	12.50
C-8	04+000	M-1	1.50	11.60	11.90
C-9	04+500	M-1	1.50	11.89	12.50
C-10	05+000	M-1	1.50	10.38	10.86

Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Estudio hidráulico:** Los objetivos principales del estudio hidráulico, son determinar las dimensiones óptimas y características de cada uno de los elementos hidráulicos (alcantarillas, badén y cunetas) que conforman las obras de drenaje propuesto, para ello se tomó como referencia los estudios hidrológicos realizados correspondientes a dicho tramo.

a. Alcantarillas: El análisis de alcantarillas implica fundamentalmente el cálculo de la sección óptima que se tiene que construir para evacuar una cierta cantidad de flujo superficial sin causar daños por abrasión las paredes de la sección. Asimismo, verificar las velocidades máximas y mínimas en cada uno de los tramos, con la finalidad de contrastar la sección planteada.

Para tal efecto, el software computacional Hcanales emplea la ecuación de Manning. Dicha ecuación toma en consideración parámetros hidrológicos, topográficos y de terreno para poder determinar la sección óptima que evacue una cierta cantidad de gasto.

Figura 21- Cálculo de sección de alcantarilla.

CÁLCULO DE SECCIÓN DE ALCANTARILLA											
N°	Nombre	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Ancho del cauce (m)	Longitud (m)	Área (km ²)	Área (ha)	Cota (msnm)		Desnivel (m)	Pendiente (m/m)
								Inicial	final		
1	alcantarilla Ø 36"	+310	+550	250	240	0.06	6	4032.05	4016.02	16.03	0.067
2	alcantarilla Ø 36"	+550	+753	250	203	0.05075	5.075	4016.02	3998.44	17.58	0.087
3	alcantarilla Ø 36"	+753	+995	250	242	0.0605	6.05	3998.44	3981.23	17.21	0.071
4	alcantarilla Ø 36"	+995	1+250	250	255	0.06375	6.375	3981.23	3958.55	22.68	0.089
5	alcantarilla Ø 36"	1+250	1+450	250	200	0.05	5	3958.55	3942.42	16.13	0.081
6	alcantarilla Ø 36"	1+450	1+548	250	98	0.0245	2.45	3942.42	3932.02	10.4	0.106
7	alcantarilla Ø 48"	1+548	1+757	600	209	0.1254	12.54	3932.02	3912.22	19.8	0.095
8	alcantarilla Ø 36"	1+757	1+896	250	139	0.03475	3.475	3912.22	3896.41	15.81	0.114
9	alcantarilla Ø 36"	1+896	2+142	250	246	0.0615	6.15	3896.41	3883.25	13.16	0.053
10	alcantarilla Ø 36"	2+142	2+244	250	102	0.0255	2.55	3883.25	3866.34	16.91	0.166
11	alcantarilla Ø 36"	2+244	2+328	250	84	0.021	2.1	3866.34	3848.12	18.22	0.217
12	alcantarilla Ø 36"	2+328	2+591	250	263	0.06575	6.575	3848.12	3828.74	19.38	0.074
13	alcantarilla Ø 36"	2+591	2+860	250	269	0.06725	6.725	3828.74	3811.65	17.09	0.064
14	alcantarilla Ø 36"	2+860	3+168	250	308	0.077	7.7	3811.65	3803.68	7.97	0.026
15	alcantarilla Ø 36"	3+168	3+459	250	291	0.07275	7.275	3803.68	3793.89	9.79	0.034
16	alcantarilla Ø 36"	3+459	3+659	250	200	0.05	5	3793.89	3776.12	17.77	0.089
17	alcantarilla Ø 36"	3+659	3+840	250	181	0.04525	4.525	3776.12	3757.23	18.89	0.104
18	alcantarilla Ø 36"	3+840	4+092	250	252	0.063	6.3	3757.23	3751.08	6.15	0.024
19	alcantarilla Ø 36"	4+092	4+350	250	258	0.0645	6.45	3777.32	3751.08	26.24	0.102
20	alcantarilla Ø 36"	4+350	4+592	250	242	0.0605	6.05	3751.08	3735.98	15.1	0.062

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22- Calculo de caudal de diseño 8(a) - alcantarilla.

Cálculo del caudal máximo utilizando el método de Mac Math con Dyck y Peschke

Cálculo de Q

Datos:

Distancia al punto más alejado (L): m

Desnivel (H): m

Período de retorno (T): años

La duración es conocida ?

Sí

No

Resultados:

Tiempo de concentración ó duración (tc): min

Intensidad máxima (I): mm/hr

Cálculo de C

Ingreso de los datos de Pmáx diaria:

Nota: Una vez que digite el dato de Pmax, presionar ENTER

Imáx

Calcular I

Cálculo de I con Dyck y Peschke

N°	P máx (mm)
10	15.5
11	13.2
12	14.0
13	15.2
14	16.5
15	85.5
16	24.3
17	27.2
18	37.5
19	37.4
20	17.8
[>]	

T, D e Imax generados con Dyck y Peschke:

T año	15 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
21.00	109.26	64.97	38.63	22.97	16.95	13.66
10.50	47.92	28.49	16.94	10.07	7.43	5.99
7.00	47.79	28.42	16.90	10.05	7.41	5.97
5.25	38.98	23.17	13.78	8.19	6.05	4.87
4.20	38.85	23.10	13.73	8.17	6.03	4.86
3.50	36.16	21.50	12.79	7.60	5.61	4.52

Ecuación de cálculo de Imáx:

Ecuación	R	R^2	Se
$Imáx = 128.2682 \cdot T^{(0.5637)} \cdot D^{(-0.7500)}$	0.9938	0.9876	2.7471

Archivos y resultados:

Calcular Limpia Imprimir Menú Principal

Crear Accesar Excel Reporte

09:07 18/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 23- Calculo de caudal de diseño (b) - alcantarilla.

Cálculo del caudal máximo utilizando el método de Mac Math con Dyck y Peschke

Cálculo de Q

Ingreso datos:

Grupo N°:

Area parcial (A): has

Zonas no urbanas:

Cobertura: %

Textura:

Pendiente: %

Cálculo de C

Grupo N°	Área	Cobertura (%)	Textura	Pendiente (%)	C
1	7.7	0 - 20	Arenosa	0.026	0.42

C_p

C ponderado

Cálculo de I con Dyck y Peschke

Resultados:

C ponderado:

Área total: has

Archivos y resultados:

Calcular Limpia Imprimir Menú Principal

Crear Accesar Excel Reporte

09:07 18/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 24- Calculo de caudal de diseño (c) - alcantarilla.

Cálculo de Q

Datos para calcular Q:

Pendiente cauce (S): o/oo

Coefficiente (C):

Área cuenca (A): has

Intensidad máxima (I): mm/hr

para una duración igual al tiempo de concentración y un período de retorno T

Resultado:

Q máximo: m3/s

Archivos y resultados:

Calcular Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

09:08 18/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25- Calculo de diámetro óptimo de alcantarilla TMC (a).

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: Proyecto:

Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m3/s

Diámetro (d): m

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante normal (y): m

Perímetro mojado (p): m

Área hidráulica (A): m2

Radio hidráulico (R): m

Espejo de agua (T): m

Velocidad (v): m/s

Número de Froude (F):

Energía específica (E): m-Kg/Kg

Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el valor del caudal Q

09:09 18/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26- Cálculo de diámetro óptimo de alcantarilla TMC (b).

Fuente: Elaboración Propia.

Realizado el cálculo de las secciones, a continuación, se presenta la tabla de resumen de las secciones óptimas de las alcantarillas a construir:

Tabla 24 – Resumen de alcantarillas.

ALCANTARILLA DE ALIVIO			DIAM.
N°	PROGR.	CONDICION	
1	0+545	Construcción nueva	36
2	0+750	Construcción nueva	36
3	1+000	Construcción nueva	36
4	1+250	Construcción nueva	36
5	1+450	Construcción nueva	36
6	1+755	Construcción nueva	36
7	1+900	Construcción nueva	36
8	2+330	Construcción nueva	36
9	2+595	Construcción nueva	36
10	2+860	Construcción nueva	36
11	3+170	Construcción nueva	36
12	3+460	Construcción nueva	36
13	3+660	Construcción nueva	36
14	3+840	Construcción nueva	36
15	4+090	Construcción nueva	36
16	4+350	Construcción nueva	36
17	4+590	Construcción nueva	36
18	4+820	Construcción nueva	36

Fuente: Elaboración Propia.

b. Baden: El análisis de badenes implica fundamentalmente el cálculo de la sección óptima que se tiene que construir para evacuar una cierta cantidad de flujo superficial sin causar daños por abrasión las paredes de la sección. Asimismo, verificar si la sección planteada evacua el caudal requerido, con la finalidad de contrastar la sección planteada.

Para tal efecto, el software computacional Hcanales emplea la ecuación de Continua de Catenaria. Dicha ecuación toma en consideración parámetros hidrológicos, topográficos y de terreno para poder determinar la sección óptima que evacue una cierta cantidad de gasto.

Tabla 25 – Datos de entrada para el diseño de badenes.

NUMERO	OBRA DE ARTE	PROG	Q diseño (m3/seg)	Pend %
1	BADEN	2+240	1.654	0.02

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 27- Calculo de caudal de diseño – badén (a).

Cálculo de Q

Datos:

Distancia al punto más alejado (L): 50 m

Desnivel (H): 5 m

Período de retorno (T): 20 años

La duración es conocida ?

Sí

No

Resultados:

Tiempo de concentración ó duración (tc): 0.96 min

Intensidad máxima (I): 714.60 mm/hr

Cálculo de C

Ingreso de los datos de P_{máx} diaria:

Nota: Una vez que digite el dato de P_{máx}, presionar ENTER

Cálculo de I con Dyck y Peschke

N°	P max (mm)
10	15.5
11	13.2
12	14.0
13	15.2
14	16.5
15	85.5
16	24.3
17	27.2
18	37.5
19	37.4
20	17.8
[>]	

T, D e Imax generados con Dyck y Peschke:

T. año	15 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
21.00	109.26	64.97	38.63	22.97	16.95	13.66
10.50	47.92	28.49	16.94	10.07	7.43	5.99
7.00	47.79	28.42	16.90	10.05	7.41	5.97
5.25	38.98	23.17	13.78	8.19	6.05	4.87
4.20	38.85	23.10	13.73	8.17	6.03	4.86
3.50	36.16	21.50	12.79	7.60	5.61	4.52

Ecuación de cálculo de Imáx:

Ecuación	R	R^2	Se
$Imáx = 128.2682 \cdot T^{(0.5637)} \cdot D^{(-0.7500)}$	0.9938	0.9876	2.7471

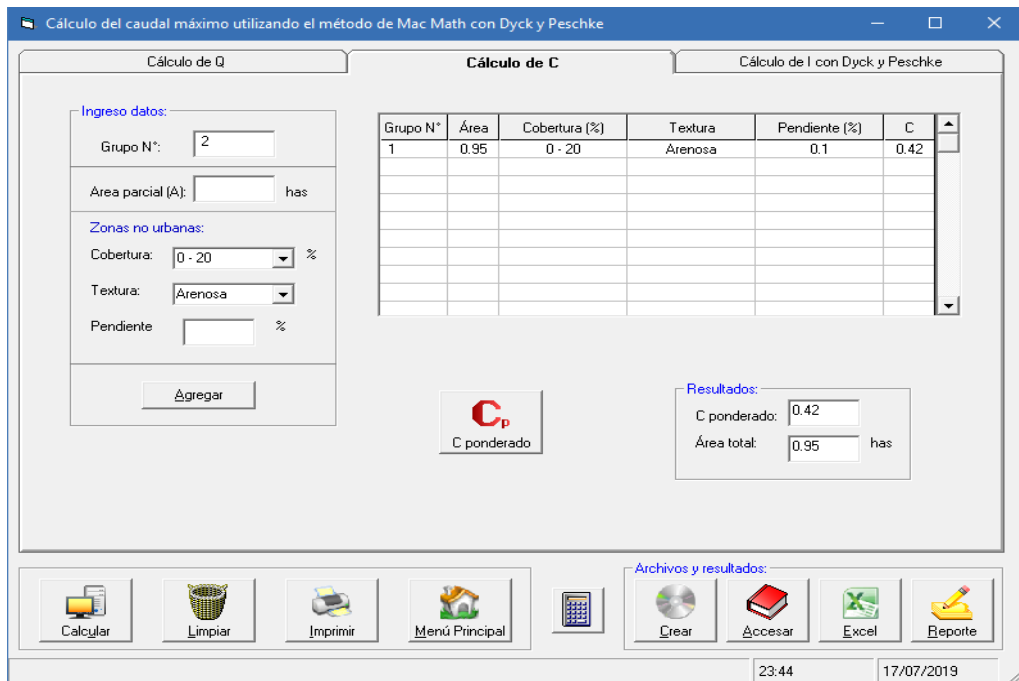
Archivos y resultados:

Calcular Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

23:44 17/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 28- Calculo de caudal de diseño – badén (b).



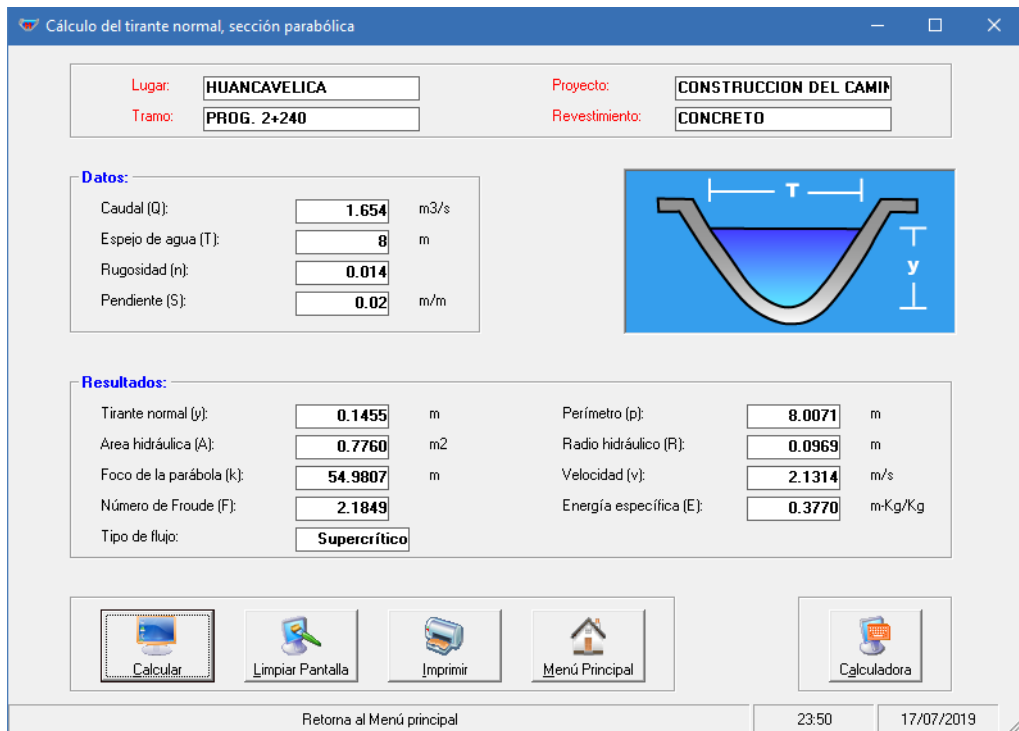
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29- Calculo de caudal de diseño – badén (c).



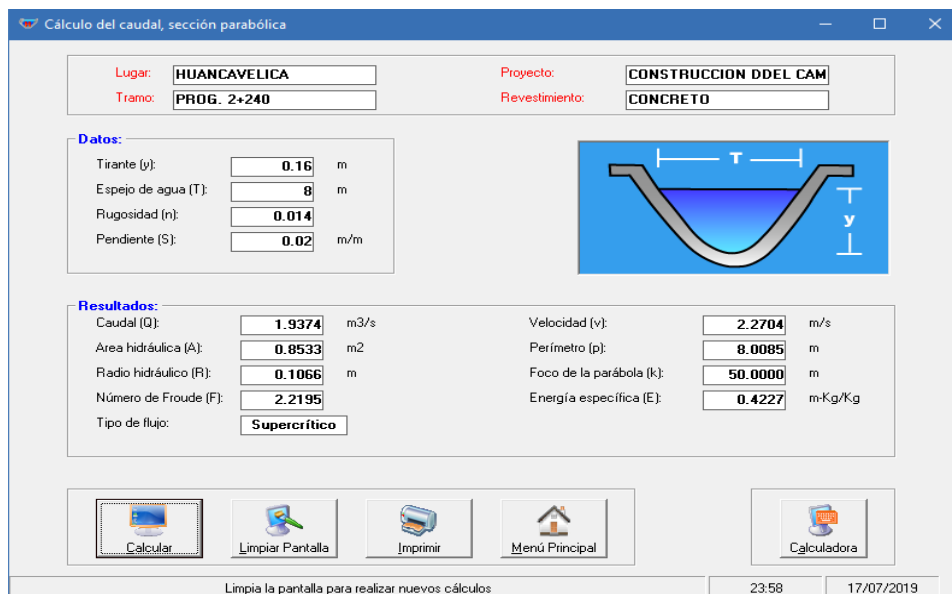
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 30- Calculo de la sección óptima de badén (a).



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 31- Calculo de la sección óptima de badén (a).



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, presentamos la sección más óptima de los BADENES que debe de descargar el flujo superficial producto de la acumulación de agua de ladera y plataforma:

Tabla 26 – Relación de badenes - dimensiones.

RELACION DE BADEN - DIMENSIONES							
Item	PROGRESIVA	DESCRIPCIÓN OBRA DE ARTE	COTA SUBRASANTE	CARACTERISTICAS			Observaciones
				Ancho	Longitud	h (Hcanales)	
1	2+240	BADEN	3890.00	5.50	8.00	0.160	Baden concreto ciclopeo
	BADEN			5.50	8.00	0.160	Baden concreto ciclopeo

Fuente: Elaboración Propia.

c. Cunetas: El análisis de cunetas implica fundamentalmente el cálculo de la sección óptima que se tiene que construir para evacuar una cierta cantidad de flujo superficial sin causar daños por abrasión las paredes de la sección. Asimismo, verificar las velocidades máximas y mínimas en cada uno de los tramos, con la finalidad de contrastar la sección planteada.

Para tal efecto, el software computacional Hcanales emplea la ecuación de Manning. Dicha ecuación toma en consideración parámetros hidrológicos, topográficos y de terreno para poder determinar la sección óptima que evacue una cierta cantidad de gasto.

Tabla 27 – Datos iniciales por tamos para diseño de cuneta triangular.

CALCULO DE SECCION DE CUNETA POR TRAMOS											
N°	Nombre	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Ancho del cauce (m)	Longitud (m)	Area (km2)	Area (ha)	Cota (msnm)		Desnivel (m)	Pendiente (m/m)
								Inicial	final		
1	tramo	+310	+550	50	240	0.012	1.2	4032.05	4016.02	16.03	0.067
2	tramo	+550	+753	50	203	0.01015	1.015	4016.02	3998.44	17.58	0.087
3	tramo	+753	+995	50	242	0.0121	1.21	3998.44	3981.23	17.21	0.071
4	tramo	+995	1+250	50	255	0.01275	1.275	3981.23	3958.55	22.68	0.089
5	tramo	1+250	1+450	50	200	0.01	1	3958.55	3942.42	16.13	0.081
6	tramo	1+450	1+548	50	98	0.0049	0.49	3942.42	3932.02	10.4	0.106
7	tramo	1+548	1+757	50	209	0.01045	1.045	3932.02	3912.22	19.8	0.095
8	tramo	1+757	1+896	50	139	0.00695	0.695	3912.22	3896.41	15.81	0.114
9	tramo	1+896	2+142	50	246	0.0123	1.23	3896.41	3883.25	13.16	0.053
10	tramo	2+142	2+244	50	102	0.0051	0.51	3883.25	3866.34	16.91	0.166
11	tramo	2+244	2+328	50	84	0.0042	0.42	3866.34	3848.12	18.22	0.217
12	tramo	2+328	2+591	50	263	0.01315	1.315	3848.12	3828.74	19.38	0.074
13	tramo	2+591	2+860	50	269	0.01345	1.345	3828.74	3811.65	17.09	0.064
14	tramo	2+860	3+168	50	308	0.0154	1.54	3811.65	3803.68	7.97	0.026
15	tramo	3+168	3+459	50	291	0.01455	1.455	3803.68	3793.89	9.79	0.034
16	tramo	3+459	3+659	50	200	0.01	1	3793.89	3776.12	17.77	0.089
17	tramo	3+659	3+840	50	181	0.00905	0.905	3776.12	3757.23	18.89	0.104
18	tramo	3+840	4+092	50	252	0.0126	1.26	3757.23	3751.08	6.15	0.024
19	tramo	4+092	4+350	50	258	0.0129	1.29	3777.32	3751.08	26.24	0.102
20	tramo	4+350	4+592	50	242	0.0121	1.21	3751.08	3735.98	15.1	0.062
21	tramo	4+592	4+825	50	233	0.01165	1.165	3735.98	3725.45	10.53	0.045
22	tramo	4+825	4+944	50	119	0.00595	0.595	3725.45	3735.84	10.39	0.087
23	tramo	4+944	5+020	50	76	0.0038	0.38	3735.84	3735.23	0.61	0.008

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 32- Cálculo del caudal de diseño - cunetas (a).

Cálculo de Q

Datos:

Distancia al punto más alejado (L): 308 m

Desnivel (H): 7.97 m

Período de retorno (T): 10 años

La duración es conocida?

Sí

No

Resultados:

Tiempo de concentración ó duración (tc): 6.57 min

Intensidad máxima (I): 114.52 mm/hr

Cálculo de C

Ingreso de los datos de P_{máx} diaria:

Nota: Una vez que digite el dato de P_{máx}, presionar ENTER.

Cálculo de I con Dyck y Peschke

N*	P max (mm)
10	15.5
11	13.2
12	14.0
13	15.2
14	16.5
15	85.5
16	24.3
17	27.2
18	37.5
19	37.4
20	17.8
[>]	

T, D e Imax generados con Dyck y Peschke:

T año	15 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
21.00	109.26	64.97	38.63	22.97	16.95	13.66
10.50	47.32	28.49	16.94	10.07	7.43	5.99
7.00	47.79	28.42	16.90	10.05	7.41	5.97
5.25	38.98	23.17	13.78	8.19	6.05	4.87
4.20	38.85	23.10	13.73	8.17	6.03	4.86
3.50	36.16	21.50	12.79	7.60	5.61	4.52

Ecuación de cálculo de Imáx:

Ecuación	R	R ²	Se
$Imáx = 128.2682 \cdot T^{(0.5637)} \cdot D^{(-0.7500)}$	0.9938	0.9876	2.7471

Archivos y resultados:

Calcular Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

07:39 18/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 33- Cálculo del caudal de diseño - cunetas (b).

Cálculo de Q

Ingreso datos:

Grupo N°: 2

Área parcial (A): has

Zonas no urbanas:

Cobertura: 0 - 20 %

Textura: Arenosa

Pendiente: %

Agregar

Cálculo de C

Grupo N°	Área	Cobertura (%)	Textura	Pendiente (%)	C
1	1.54	0 - 20	Arenosa	0.026	0.42

C ponderado

Resultados:

C ponderado: 0.42

Área total: 1.54 has

Archivos y resultados:

Calcular Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

07:39 18/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 34- Cálculo del caudal de diseño - cunetas (c).

Cálculo de Q

Datos para calcular Q:

Pendiente cauce (S): o/oo

Coefficiente (C):

Área cuenca (A): has

Intensidad máxima (I): mm/hr

para una duración igual al tiempo de concentración y un período de retorno T

Resultado:

Q máximo: m³/s

Archivos y resultados:

Calcular Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

07:40 18/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 35- Cálculo de la sección óptima de cunetas (a).

Cálculo del caudal en una sección natural con rugosidad constante

Ingreso de datos:

Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

Datos:

Pendiente (S): m/m

Coefficiente de rugosidad (n):

Profundidad en el margen (h0): m

Tramo	L (m)	h (m)
1	0.2	0.5
2	0.5	0.0
[?]		

Esquema de ingreso de datos:

Diagrama de la sección transversal del cauce con puntos L1, L2, L3, L4, L5 y alturas h1, h2, h3, h4.

Sección transversal del cauce

Resultados:

Caudal total (Q): m³/s Velocidad (v): m/s

Área hidráulica (A): m² Espejo de agua (T): m

Perímetro mojado (p): m Numero de Froude (F):

Radio hidráulico (R): Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Activa la calculadora

07:40 18/07/2019

Fuente: Elaboración Propia.

Realizado el cálculo de las secciones, a continuación, se presenta la tabla de resumen de las secciones oprimas de las cunetas triangular:

Tabla 28 – Resumen de secciones de cuneta triangular.

CALCULO DE SECCION DE CUNETA POR TRAMOS					
N°	Nombre	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Ancho (cm)	Altura (cm)
1	tramo	+310	+550	70	30
2	tramo	+550	+753	70	30
3	tramo	+753	+995	70	30
4	tramo	+995	1+250	70	30
5	tramo	1+250	1+450	70	30
6	tramo	1+450	1+548	70	30
7	tramo	1+548	1+757	70	30
8	tramo	1+757	1+896	70	30
9	tramo	1+896	2+142	70	30
10	tramo	2+142	2+244	70	30
11	tramo	2+244	2+328	70	30
12	tramo	2+328	2+591	70	30
13	tramo	2+591	2+860	70	30
14	tramo	2+860	3+168	70	30
15	tramo	3+168	3+459	70	30
16	tramo	3+459	3+659	70	30
17	tramo	3+659	3+840	70	30
18	tramo	3+840	4+092	70	30
19	tramo	4+092	4+350	70	30
20	tramo	4+350	4+592	70	30
21	tramo	4+592	4+825	70	30
22	tramo	4+825	4+944	70	30
23	tramo	4+944	5+020	70	30

Fuente: Elaboración Propia.

B) Metodología de diseño geométrico de la carretera: El Diseño Geométrico se ha basado en las Normas Peruanas para el Diseño de Carreteras y el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018 del MTC y al Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Transito.

Las Normas Peruanas de Carreteras nos indican que la velocidad directriz es la escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. Dentro del presente diseño, las características geométricas (radio mínimo de las curvas horizontales y verticales, distancias de visibilidad de parada

y de sobrepaso, etc.) están relacionadas con la velocidad directriz. La selección de la velocidad directriz está influenciada directamente por el relieve del terreno, tipo de la carretera a construirse, volúmenes y tipo de tránsito que se espera y además de consideraciones de orden económico.

a. Velocidad directriz: La velocidad directriz será la máxima que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada del camino, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. Dentro del presente diseño, las características geométricas (radio mínimo de las curvas horizontales y verticales, distancias de visibilidad de parada y de sobrepaso, etc.) están relacionadas con la velocidad directriz.

La selección de la velocidad directriz está influenciada directamente por el relieve del terreno, tipo de la carretera a construirse, volúmenes y tipo de tránsito que se espera y de consideraciones de orden económico. Determinándose para este Proyecto la Velocidad Directriz de 20 km/hr.

b. Ancho de calzada: Para la construcción de la Carretera en Estudio se determinó un ancho de la calzada de 3.00 m. en toda la longitud del proyecto.

c. Bermas: Se considera la construcción de berma de 0.50 m. en ambos extremos de la calzada.

d. Ancho de plataforma: Para la construcción de la Carretera en Estudio se determinó un ancho de plataforma de 4.00 m. en toda la longitud del proyecto, ello en virtud a qué velocidad directriz nos condiciona a ese ancho.

e. Bombeos: En tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura permite el contra peralte las calzadas deberán tener, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima

o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

La Tabla 29 especifica estos valores indicando en algunos casos un rango dentro del cual el proyectista deberá moverse, afinando su elección según los matices de la rugosidad de las superficies y de los climas imperantes.

Tabla 29 – Bombeo de la calzada.

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación: < 500	Precipitación: > 500
	mm/año	mm/año
Pavimento Superior	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	2,5 (*)	2,5 – 3,0
Afirmado	3,0 – 3,5 (*)	3,0 – 4,0

Fuente: Elaboración Propia.

f. Sobre ancho en curvas horizontales: La calzada en las curvas horizontales tiene un sobre ancho para conseguir condiciones de operación vehicular comparable a la de las tangentes.

En las curvas, el vehículo de diseño ocupa un mayor ancho que en los tramos rectos, así mismo, a los conductores les resulta más difícil mantener el vehículo en el centro del carril.

Tabla 30 – Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras.

Velocidad directriz (Km/h)	P máx%	Valor Límite de fricción fmax.	Calculado	Redondeo
			Radio Mínimo (m).	Radio Mínimo (m)
20	4,00	0.18	14.30	15
30	4,00	0.17	33.70	35

40	4,00	0.17	60.00	60
50	4,00	0.16	98.40	100
60	4,00	0.15	149.10	150
70	4,00	0.14	214.20	215
80	4,00	0.14	279.80	280
20	6,00	0.18	13.10	15
30	6,00	0.17	30.80	30
40	6,00	0.17	54.70	55
50	6,00	0.16	89.40	90
60	6,00	0.15	134.90	135
70	6,00	0.14	192.80	195
80	6,00	0.14	251.80	250
20	8,00	0.18	12.10	10
30	8,00	0.17	28.30	30
40	8,00	0.17	50.40	50
50	8,00	0.16	82.00	80
60	8,00	0.15	123.50	125
70	8,00	0.14	175.30	175
80	8,00	0.14	228.90	230
20	10,00	0.18	11.20	10
30	10,00	0.17	26.20	25
40	10,00	0.17	46.60	45
50	10,00	0.16	75.70	75
60	10,00	0.15	113.30	115
70	10,00	0.14	160.70	160
80	10,00	0.14	209.90	210
20	12,00	0.18	10.50	10
30	12,00	0.17	24.40	25
40	12,00	0.17	43.40	45
50	12,00	0.16	70.30	70
60	12,00	0.15	104.90	105
70	12,00	0.14	148.30	150
80	12,00	0.14	193.70	195

Fuente: Elaboración Propia.

En el presente proyecto se utilizará un Radio Máximo de 100.00 m. y un radio Mínimo excepcional de 10.00 m.

g. Peralte: Con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

Los valores máximos del peralte, son controlados por algunos factores: Condiciones climáticas, orografía, zona (rural ó urbana) y frecuencia de vehículos pesados de bajo movimiento, en términos generales se utilizarán como valores máximos los siguientes:

Tabla 31 – Valores de peralte máximo.

	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Cruce de Áreas Urbanas	6,0 %	4,0 %
Zona rural (Tipo 1, 2 ó 3)*	8,0 %	6,0 %
Zona rural (Tipo 3 ó 4)	12,0 %	8,0 %
Zona rural con peligro de hielo	8,0 %	6,0 %

Fuente: Elaboración Propia.

En el presente proyecto se considera el peralte mínimo de 2.5%, peralte máximo normal de 6% y un peralte máximo excepcional de 10%.

h. Pendiente: En los tramos en corte se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5 %. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo superior a 2%.

Tabla 32 – Pendientes máximas (%).

OROGRAFIA	TERRENO	TERRENO	TERRENO	TERRENO
TIPO	PLANO	ONDULADO	MONTAÑOSO	ESCAPADO
VELOCIDAD				
DE DISEÑO				
20	8	9	10.00	12
30	8	9	10.00	12
40	8	9	10.00	10
50	8	8	8.00	8
60	8	8	8.00	8
70	7	7	7.00	7
80	7	7	7.00	7

Fuente: Elaboración Propia.

i. Plazoletas de cruce: En caminos de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirá ensanches en la plataforma, cada 1000 m. como mínimo, para que puedan cruzarse los vehículos opuestos, o adelantarse los del mismo sentido.

La ubicación de las plazoletas se fijará de preferencia en los puntos que combinen mejor la visibilidad a lo largo del camino, con la facilidad de ensanchar la plataforma. Los mismos que tendrán un ancho de 20.00 m. de longitud.

j. Diseño de superficie no pavimentada: Dentro de las consideraciones que debe tenerse en cuenta para el diseño de superficie de rodadura no pavimentada, es necesario analizar fundamentalmente la problemática que representa el comportamiento de la superficie de rodadura no pavimentada debido al tránsito, ya que este se incrementa conforme al desarrollo tecnológico y crecimiento demográfico, lo que trae a su vez mayor cantidad de repetición de ejes y cargas. Por ello, es necesario la selección de apropiados factores para el diseño de superficie de rodadura no pavimentada, por lo que

deberá tomarse en cuenta la clasificación de la carretera dentro de la red vial, el tránsito y los diferentes procesos de construcción.

De acuerdo al Estudio de Mecánica de Suelos se tiene los siguientes tipos de terrenos.

Tabla 33 – Clasificación y resistencia de los suelos

ORDEN	UBICACIÓN Progresiva	CALICATA	CBR (%)	CBR (%)
			100% MDS	95% MDS
1	0+500	C- 01	10.92	10.50
2	1+000	C - 02	9.30	9.20
3	1+500	C - 03	10.93	9.75
4	2+000	C - 04	13.37	12.82
5	2+500	C - 05	11.87	11.63
6	3+000	C - 06	12.80	12.51
7	3+500	C - 07	12.50	12.10
8	4+000	C - 08	11.90	11.60
9	4+500	C - 09	12.50	11.89
10	5+000	C - 10	10.86	10.38

Fuente: Elaboración Propia.

La evaluación de la plataforma inexistente se efectuó mediante la ejecución de prospección de la plataforma vía, con la finalidad de determinar los espesores de las capas de los suelos, los tipos de suelos, su grado de densificación, su humedad, plasticidad y su respectivo CBR.

Para el fin de llevar a acabo se realizó pozos de exploración (calicatas), cuyas características se encuentran referidas en el Tabla 33.

En base a la información obtenida durante los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio, se efectuó la clasificación y su resistencia de cada estrato de suelo.

Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado se adoptó como representativa la siguiente ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 * (\log CBR) + 58 * (\log CBR)^2] * \log(N_{rep}/120)$$

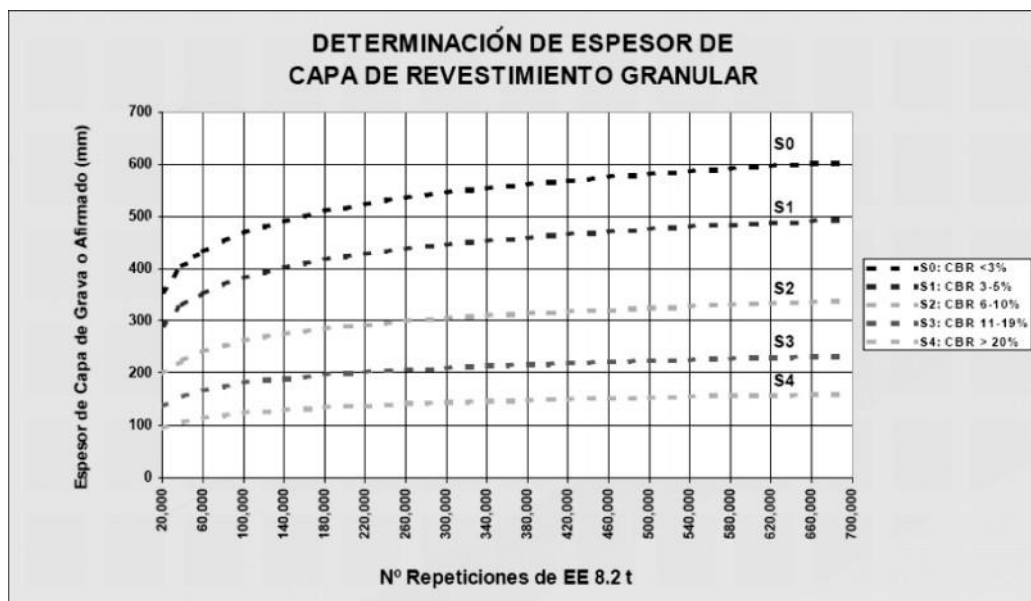
Donde:

e= espesor de afirmado en (mm)

CBR=valor de CBR de la subrasante (%)

Nrep= número de repeticiones de EE para carril de diseño.

Figura 36- Determinación de espesor de capa de revestimiento granular.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 34 – El trafico proyectado al año horizonte.

CLASE	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehiculos ambos sentidos)	<15	16 - 50	51 - 100	101 - 200
Vehiculos pesados (carril de diseño)	<6	6 - 15	16 - 28	29 - 56
N° Rep. EE (carril de diseño)	< 2.5 x 10 ⁴	2.6x10 ⁴ -7.8x10 ⁴	7.9x10 ⁴ - 1.5x10 ⁵	1.6x10 ⁵ - 3.1x10 ⁵

Fuente: Elaboración Propia.

Según al estudio de tráfico se ha determinado IMD=112, de cual resultó Nrep = 9.8E+04 para un periodo de diseño de 20 años; verificando con el cuadro N° 02 se observa que está dentro de los rangos.

Tabla 35 – Calculo de espesor por el método NAASRA.

ITEM	INICIO (km)	FIN (km)	CBR (%) Densidad Natural	Método de las dif. Acumuladas Sub. Tramos CBR, promedio	e = espesor de la capa de afirmado (mm)
1	0+000	0+500	10.92	10.92	141.19
2	0+500	1+000	9.3	9.3	156.11
3	1+000	1+500	10.93	10.93	141.11
4	1+500	2+000	13.37	13.37	124.21
5	2+000	2+500	11.87	11.87	133.95
6	2+500	3+000	12.8	12.8	127.69
7	3+000	3+500	12.5	12.5	129.63
8	3+500	4+000	11.9	11.9	133.73
9	4+000	4+500	12.5	12.5	129.63
10	4+500	5+029.82	10.86	10.86	141.68
ESPESOR DE LA CAPA DE AFIRMADO (MM)					156.00

Fuente: Elaboración Propia.

C) Costos de construcción para la carretera:

- **Planilla de metrados:** De acuerdo al desarrollo de la planilla de metrados de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción de la carretera, se presenta en la tabla 36 el resumen de los metrados:

Tabla 36 – Hoja de resumen de metrados.

ITEM	PARTIDA	UND.	METRADOS
01.00	OBRAS PROVINCIONALES		
01.01.	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE LA OBRA DE 5.10M X 16.80M	GLB	1.00
01.02.	CARTEL DE OBRA		
01.02.01.	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO PARA ZAPATAS	M3	2.30
01.02.02.	CONCRETO EN SOLADO HORMIGON 1:10	M3	0.26
01.02.03.	CONCRETO F'C= 175 KG/CM2	M3	2.83
01.02.04.	ACERO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60	KG	143.18
01.02.05.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	21.70
01.02.06.	MUROS DE SOGA LADRILLO CORRIENTE CON MORTERO C:A 1:5 E=15cm	M2	11.78
01.02.07.	TARRAJEO EN MURO DE CONCRETO C:A 1:4 E=15cm	M2	43.62
01.02.08.	PINTURA ESMALTE EN MUROS EXTERIORES	M2	43.62
02.00	TRABAJOS PRELIMINARES		
02.01.	LIMPIEZA DE TERRENO NORMAL	HA	5.03
02.02.	DEFORESTACION	HA	3.50
02.03.	TRAZO Y REPLANTEO	KM	5.03
02.04.	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	KM	5.03
02.05.	SEÑALIZACION EN OBRA DURANTE EJECUCION	M	5031.00
02.06.	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	GLB	1.00
03.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
03.01.	CORTE EN MATERIAL SUELTO		
03.01.01.	CORTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA (INC. PEINADO TALUD)	M3	42893.44
03.02.	CORTE EN ROCA SUELTA		
03.02.01.	CORTE EN ROCA SUELTA (PERFORACION Y DISPARO)	M3	3995.70
03.02.02.	LIMPIEZA DE PLATAFORMA Y DESQUINCHE DE TALUD EN ROCA SUELTA	M3	3995.70
03.03.	CORTE EN ROCA FIJA		
03.03.01.	CORTE EN ROCA FIJA (PERFORACION Y DISPARO)	M3	1441.57
03.03.02.	LIMPIEZA DE PLATAFORMA Y DESQUINCHE DE TALUD EN ROCA FIJA	M3	1441.57
03.04.	CONFORMACION DE RELLENO		
03.04.01.	CONFORMACION DE TERRAPLENES EN RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	6211.46
03.05.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE		
03.05.01.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (CARGUIO) PROM 1.5 KM	M3	55939.62
04.00	MEJORAMIENTO DE TERRENO PARA AFIRMADO		
04.01.	MOVIMEINTO DE TIERRAS		
04.01.01.	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	1566.00
04.01.02.	ELIMINACION DE MATERIAL CON MAQUINARIA	M3	1957.50
04.02.	MATERIAL GRAVA DE 6" - 10"		
04.02.01.	EXTRACCION DE MATERIAL DE 6" - 10" PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	939.60
04.02.02.	SELECCION Y CARGIO DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	939.60
04.02.03.	TRANSPORTE DE MATERIAL SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	939.60
04.02.04.	EXTENDIDO DE MAT. SELECCIONADO H=0.30M	M3	939.60
04.03.	MATERIAL GRAVA DE 2" - 6"		
04.03.01.	EXTRACCION DE MATERIAL DE 2" - 6" PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	626.40

04.03.02.	SELECCION Y CARGIO DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	626.40
04.03.03.	TRANSPORTE DE MATERIAL SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	626.40
04.03.04.	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MAT. SELECCIONADO H=0.20M	M3	626.90
05.00	AFIRMADO CON MATERIAL SELECCIONADO		
05.01.	EXTRACCION Y APILAMIENTO CON MAQUINARIA EN CANTERA	M3	3894.75
05.02.	SELECCION Y CARGIO DE MATERIAL PARA AFIRMADO	M3	3894.75
05.03.	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA AFIRMADO	M3	3895.25
05.04.	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTADO DE MAT. AFIRMADO VARIABLE	M2	25965.02
06.00	CUNETAS		
06.01.	CONFORMACION Y LIMPIEZA DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	ML	4451.70
06.02.	CONFORMACION Y LIMPIEZA DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	M3	33.70
06.03.	CONFORMACION Y LIMPIEZA DE CUNETAS EN ROCA FIJA	M3	9.75
06.04.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (CARGUIO)	M3	471.66
07.00	OBRAS DE ARTE		
07.01.	ALCANTARILLA DE ALIVIO Ø 36" (18 UND)		
07.01.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	504.00
07.01.02.	TRAZO Y REPLANTEO	M2	504.00
07.01.03.	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS TERRENO NORMAL	M3	302.20
07.01.04.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	198.61
07.01.05.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	103.60
07.01.06.	EMBOQUILLADO PARA LOSA EN ENCAUSAMIENTO DE PIEDRA MEZCLA 1:4	M3	9.63
07.01.07.	CONCRETO $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	M3	41.10
07.01.08.	ACERO DE REFUERZO $FY=4200 \text{ KG/CM}^2$	KG	1912.86
07.01.09.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	416.16
07.01.10.	INSTALACION Y COLOCACION DE ALCANTARILLA TMC Ø=36"	ML	90.00
07.01.11.	TARRAJEO EN EXT. C/MORTERO 1:5 X 1.5 CM	M2	295.61
07.01.12.	PINTURA EXTERIOR	M2	295.61
07.02.	ALCANTARILLA DE CRUCE Ø 36" (01 UND)		
07.02.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	14.10
07.02.02.	TRAZO Y REPLANTEO	M2	14.10
07.02.03.	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS TERRENO NORMAL	M3	19.40
07.02.04.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	11.90
07.02.05.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	7.50
07.02.06.	EMBOQUILLADO PARA LOSA EN ENCAUSAMIENTO DE PIEDRA MEZCLA 1:4	M3	0.81
07.02.07.	CONCRETO $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	M3	2.44
07.02.08.	ACERO DE REFUERZO $FY=4200 \text{ KG/CM}^2$	KG	91.24
07.02.09.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	23.05
07.02.10.	INSTALACION Y COLOCACION DE ALCANTARILLA TMC Ø=36"	ML	5.00
07.02.11.	TARRAJEO EN EXT. C/MORTERO 1:5 X 1.5 CM	M2	13.50
07.02.12.	PINTURA EXTERIOR	M2	13.50
07.03.	ALCANTARILLA DE CRUCE Ø 48" (01 UND)		
07.03.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	16.31
07.03.02.	TRAZO Y REPLANTEO	M2	16.31
07.03.03.	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS TERRENO NORMAL	M3	27.46
07.03.04.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	17.68

07.03.05.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO EMBOQUILLADO PARA LOSA EN ENCAUSAMIENTO DE PIEDRA	M3	9.79
07.03.06.	MEZCLA 1:4	M3	0.92
07.03.07.	CONCRETO $f'c=175$ kg/cm ²	M3	2.81
07.03.08.	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ KG/CM ²	KG	111.43
07.03.09.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	26.14
07.03.10.	INSTALACION Y COLOCACION DE ALCANTARILLA TMC $\varnothing=48"$	ML	5.00
07.03.11.	TARRAJEO EN EXT. C/MORTERO 1:5 X 1.5 CM	M2	15.31
07.03.12.	PINTURA EXTERIOR	M2	15.31
07.04.	BADEN LONG. = 8.00 ML (01 UND.)		
07.04.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	89.25
07.04.02.	TRAZO Y REPLANTEO	M2	89.25
07.04.03.	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS (MANUAL)	M3	34.60
07.04.04.	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	2.90
07.04.05.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO EN MURO DE CONTENCION	M3	3.34
07.04.06.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE / INC 25% DE ESPONJAMIENTO	M3	39.62
07.04.07.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURAS	M2	38.11
07.04.08.	CONCRETO CICLOPEO EN LOSA DE BADEN $F'c=175$ Kg/cm ² + 30 % P.G. \varnothing 6"	M3	23.44
07.04.09.	EMBOQUILLADO EN ALIVIADERO, P.G. DE \varnothing 10"	M3	6.36
07.04.10.	TUBERIA DE \varnothing 2" DRENAJE EN MURO.	ML	3.75
07.05.	PONTON LUZ=8.00 ML (02 UND)		
07.05.01.	TRABAJOS PRELIMINARES		
07.05.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	415.20
07.05.01.02	ENCAUZAMIENTO DE CAUCE DE RIO CON MAQUINARIA PESADA	M3	24.00
07.05.02.	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
07.05.02.01	EXCAVACION EN TERRENO SECO	M3	325.35
07.05.02.02	EXCAVACION EN TERRENO SATURADO	M3	700.15
07.05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE / INC 25% DE ESPONJAMIENTO	M3	753.08
07.05.02.04	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN CAPAS DE 30CM	M3	272.42
07.05.03.	CONCRETO SIMPLE		
07.05.03.01	CONCRETO PARA SOLADO $F'c=100$ KG/CM ²	M2	184.76
07.05.04.	CONCRETO ARMADO EN ESTRIBO		
07.05.04.01	CONCRETO $F'c=175$ KG/CM ² +30% P.G. - ESTRIBOS	M3	518.02
07.05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRIBOS	M2	422.36
07.05.05.	CONCRETO ARMADO EN LOSA		
07.05.05.01	CONCRETO $F'c=210$ Kg/cm ² (LOSA)	M2	35.19
07.05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	M2	107.10
07.05.05.03	ACERO DE REFUERZO $Fy=4200$ Kg/cm ²	KG	4534.09
07.05.06.	REVOQUES Y ENLUCIDOS EN PONTON		
07.05.06.01	REVOQUES Y ENLUCIDOS	M2	45.90
07.05.07.	PINTURA EN PONTON		
07.05.07.01	PINTURAS	M2	13.93
07.05.08.	VARIOS EN PONTON		
07.05.08.01	VARIOS	GLB	2.00

07.06.	MURO DE CONTENCION		
07.06.01.	OBRAS PROVISIONALES		
07.06.01.01	SEÑALIZACION CON CINTA DE SEGURIDAD	ML	198.00
07.06.02.	TRABAJOS PRELIMINARES		
07.06.02.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	264.00
07.06.02.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	264.00
07.06.03.	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
07.06.03.01	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA EN TERRENO NORMAL	M3	348.50
07.06.04.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO PESADO	M3	347.65
07.06.03.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN CAPAS DE 30CM	M3	105.40
07.06.04.	OBRAS DE CONCRETO CICLOPEO		
07.06.04.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=140 KG/CM2 + 70% P. G. (6" MAX.)	M3	60.25
07.06.04.02	CONCRETO CICLOPEO F'C=140 KG/CM2 + 30% P. M. (3" MAX.)	M3	83.19
07.06.04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA MUROS DE CONTENSION	M2	402.98
07.06.05.	DRENAJE		
07.06.05.01	TUBERIA DE Ø 3" DRENAJE EN MURO.	ML	16.70
08.00.	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL		
08.01.	SEÑAL INFORMATIVA		
08.01.01.	EXC. NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	M3	1.58
08.01.02.	CONCRETO f c=140 kg/cm2 + 30 % PM	M3	1.80
08.01.03.	SEÑAL INFORMATIVA	UND.	4.00
08.02.	SEÑAL PREVENTIVA		
08.02.01.	EXC. NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	M3	2.02
08.02.02.	CONCRETO f c=140 kg/cm2 + 30 % PM	M3	2.02
08.02.03.	SEÑALES PREVENTIVAS	UND.	18.00
08.03.	SEÑAL REGLAMENTARIA		
08.03.01.	EXC. NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	M3	0.22
08.03.02.	CONCRETO f c=140 kg/cm2 + 30 % PM	M3	0.22
08.03.03.	SEÑALES REGLAMENTARIAS	UND.	2.00
08.04.	POSTES KILOMETRICOS		
08.04.01.	HITOS KILOMETRICOS	UND.	6.00
09.00.	ENSAYOS DE LABORATORIO		
09.01.	ENSAYO DE RESISTENCIA DE CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	UND	10.00
09.02.	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO 175 KG/CM2	UND	10.00
09.03.	ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO	UND	8.00
09.04.	ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO	UND	10.00
09.05.	ENSAYO DE CBR PARA SUBRAZANTE	UND	8.00
10.00.	TRATAMIENTO AMBIENTAL		
10.01.	MITIGACION POR IMPACTO NEGATIVO EN EL AIRE	GLB	1.00
10.02.	MITIGACION POR IMPACTO NEGATIVO EN EL SUELO	GLB	1.00
10.03.	TRATAMIENTO DE AREAS AFECTADAS EN CAMPAMENTO	M2	85.68
10.04.	TRATAMIENTO DE AREAS AFECTADAS EN CANTERAS	M2	1550.00
10.05.	TRATAMIENTO DE BOTADEROS	M2	1836.00
11.00.	CAPACITACION		

11.01	TALLER DE CAPACITACION A LA POBLACION	GLB	1.00
11.02	ELABORACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	GLB	1.00
12.00.	FLETE DE MATERIALES		
12.01.	FLETE TERRESTRE	GLB	1.00
12.02.	FLETE DE EXPLOSIVOS Y CUSTODIO POLICIAL	GLB	1.00
13.00.	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO		
13.01.	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	GLB	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

- **Análisis de costos unitarios:** De acuerdo al desarrollo de la incidencia de la mano de obra, materiales y/o insumos, herramientas y equipos de todas las partidas que intervienen en el proceso de construcción de la carretera, se presenta en la tabla 37 los costos unitarios de cada partida:

Tabla 37 – Costo unitario por partida.

ITEM	PARTIDA	UND	PRECIO
01.00	OBRAS PROVICIONALES		
01.01.	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE LA OBRA DE 5.10M X 16.80M	GLB	6,053.24
01.02.	CARTEL DE OBRA		
01.02.01.	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SUELTO PARA ZAPATAS	M3	63.53
01.02.02.	CONCRETO EN SOLADO HORMIGON 1:10	M3	25.74
01.02.03.	CONCRETO F'C= 175 KG/CM2	M3	942.33
01.02.04.	ACERO FY=4200 KG/CM2, GRADO 60	KG	640.01
01.02.05.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	793.57
01.02.06.	MUROS DE SOGA LADRILLO CORRIENTE CON MORTERO C:A 1:5 E=15cm	M2	1,335.38
01.02.07.	TARRAJEO EN MURO DE CONCRETO C:A 1:4 E=15cm	M2	987.56
01.02.08.	PINTURA ESMALTE EN MUROS EXTERIORES	M2	382.98
02.00	TRABAJOS PRELIMINARES		
02.01.	LIMPIEZA DE TERRENO NORMAL	HA	2,203.49
02.02.	DEFORESTACION	HA	13,352.57
02.03.	TRAZO Y REPLANTEO	KM	4,692.03
02.04.	TRAZO Y REPLANTEO DURANTE EL PROCESO	KM	4,689.67
02.05.	SEÑALIZACION EN OBRA DURANTE EJECUCION	M	7,798.05
02.06.	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	GLB	8,873.15
03.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
03.01.	CORTE EN MATERIAL SUELTO		
03.01.01.	CORTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA (INC. PEINADO TALUD)	M3	133,398.60
03.02.	CORTE EN ROCA SUELTA		
03.02.01.	CORTE EN ROCA SUELTA (PERFORACION Y DISPARO)	M3	49,147.11
03.02.02.	LIMPIEZA DE PLATAFORMA Y DESQUINCHE DE TALUD EN ROCA SUELTA	M3	11,187.96
03.03.	CORTE EN ROCA FIJA		
03.03.01.	CORTE EN ROCA FIJA (PERFORACION Y DISPARO)	M3	24,173.45

03.03.02.	LIMPIEZA DE PLATAFORMA Y DESQUINCHE DE TALUD EN ROCA FIJA	M3	4,497.70
03.04.	CONFORMACION DE RELLENO		
03.04.01.	CONFORMACION DE TERRAPLENES EN RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	54,412.39
03.05.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE		
03.05.01.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (CARGUIO) PROM 1.5 KM	M3	134,813.76
04.00	MEJORAMIENTO DE TERRENO PARA AFIRMADO		
04.01.	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
04.01.01.	EXCAVACION EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	4,055.94
04.01.02.	ELIMINACION DE MATERIAL CON MAQUINARIA	M3	3,777.98
04.02.	MATERIAL GRAVA DE 6" - 10"		
04.02.01.	EXTRACCION DE MATERIAL DE 6" - 10" PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	5,947.67
04.02.02.	SELECCION Y CARGIO DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	1,719.47
04.02.03.	TRANSPORTE DE MATERIAL SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	3,617.46
04.02.04.	EXTENDIDO DE MAT. SELECCIONADO H=0.30M	M3	1,014.77
04.03.	MATERIAL GRAVA DE 2" - 6"		
04.03.01.	EXTRACCION DE MATERIAL DE 2" - 6" PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	3,965.11
04.03.02.	SELECCION Y CARGIO DE MATERIAL PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	1,146.31
04.03.03.	TRANSPORTE DE MATERIAL SELECCIONADO PARA MEJORAMIENTO DE TERRENO	M3	2,411.64
04.03.04.	EXTENDIDO Y COMPACTADO DE MAT. SELECCIONADO H=0.20M	M3	676.51
05.00	AFIRMADO CON MATERIAL SELECCIONADO		
05.01.	EXTRACCION Y APILAMIENTO CON MAQUINARIA EN CANTERA	M3	23,757.98
05.02.	SELECCION Y CARGIO DE MATERIAL PARA AFIRMADO	M3	5,958.97
05.03.	TRANSPORTE DE MATERIAL PARA AFIRMADO	M3	12,034.78
05.04.	EXTENDIDO, RIEGO Y COMPACTADO DE MAT. AFIRMADO VARIABLE	M2	36,351.03
06.00	CUNETAS		
06.01.	CONFORMACION Y LIMPIEZA DE CUNETAS EN MATERIAL SUELTO	ML	2,492.95
06.02.	CONFORMACION Y LIMPIEZA DE CUNETAS EN ROCA SUELTA	M3	414.51
06.03.	CONFORMACION Y LIMPIEZA DE CUNETAS EN ROCA FIJA	M3	198.41
06.04.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (CARGUIO)	M3	1,136.70
07.00	OBRAS DE ARTE		
07.01.	ALCANTARILLA DE ALIVIO Ø 36" (18 UND)		
07.01.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	463.68
07.01.02.	TRAZO Y REPLANTEO	M2	1,103.76
07.01.03.	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS TERRENO NORMAL	M3	12,366.02
07.01.04.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	1,213.51
07.01.05.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	1,728.05
07.01.06.	EMBOQUILLADO PARA LOSA EN ENCAUSAMIENTO DE PIEDRA MEZCLA 1:4	M3	2,665.68
07.01.07.	CONCRETO $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$	M3	15,415.38
07.01.08.	ACERO DE REFUERZO $FY=4200 \text{ KG/CM}^2$	KG	8,550.48
07.01.09.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	25,140.23
07.01.10.	INSTALACION Y COLOCACION DE ALCANTARILLA TMC Ø=36"	ML	57,970.80
07.01.11.	TARRAJEO EN EXT. C/MORTERO 1:5 X 1.5 CM	M2	6,692.61
07.01.12.	PINTURA EXTERIOR	M2	2,595.46
07.02.	ALCANTARILLA DE CRUCE Ø 36" (01 UND)		

07.02.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	12.97
07.02.02.	TRAZO Y REPLANTEO	M2	30.88
07.02.03.	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS TERRENO NORMAL	M3	793.85
07.02.04.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	72.71
07.02.05.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	125.10
07.02.06.	EMBOQUILLADO PARA LOSA EN ENCAUSAMIENTO DE PIEDRA MEZCLA 1:4	M3	224.22
07.02.07.	CONCRETO $f'c=175$ kg/cm ²	M3	915.17
07.02.08.	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ KG/CM ²	KG	407.84
07.02.09.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	1,392.45
07.02.10.	INSTALACION Y COLOCACION DE ALCANTARILLA TMC Ø=36"	ML	3,220.60
07.02.11.	TARRAJEO EN EXT. C/MORTERO 1:5 X 1.5 CM	M2	305.64
07.02.12.	PINTURA EXTERIOR	M2	18.53
07.03.	ALCANTARILLA DE CRUCE Ø 48" (01 UND)		
07.03.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	15.01
07.03.02.	TRAZO Y REPLANTEO	M2	35.72
07.03.03.	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS TERRENO NORMAL	M3	1,123.66
07.03.04.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	108.02
07.03.05.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	163.30
07.03.06.	EMBOQUILLADO PARA LOSA EN ENCAUSAMIENTO DE PIEDRA MEZCLA 1:4	M3	254.67
07.03.07.	CONCRETO $f'c=175$ kg/cm ²	M3	1,053.95
07.03.08.	ACERO DE REFUERZO $FY=4200$ KG/CM ²	KG	498.09
07.03.09.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	M2	1,579.12
07.03.10.	INSTALACION Y COLOCACION DE ALCANTARILLA TMC Ø=48"	ML	3,991.45
07.03.11.	TARRAJEO EN EXT. C/MORTERO 1:5 X 1.5 CM	M2	346.62
07.03.12.	PINTURA EXTERIOR	M2	134.42
07.04.	BADEN LONG. = 8.00 ML (01 UND.)		
07.04.01.	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	82.11
07.04.02.	TRAZO Y REPLANTEO	M2	455.18
07.04.03.	EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS (MANUAL)	M3	955.65
07.04.04.	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO	M3	47.24
07.04.05.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO EN MURO DE CONTENCION	M3	233.97
07.04.06.	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE / INC 25% DE ESPONJAMIENTO	M3	242.08
07.04.07.	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRUCTURAS	M2	1,393.68
07.04.08.	CONCRETO CICLOPEO EN LOSA DE BADEN $F'c=175$ Kg/cm ² + 30 % P.G. Ø 6"	M3	7,149.67
07.04.09.	EMBOQUILLADO EN ALIVIADERO, P.G. DE Ø 10"	M3	1,528.56
07.04.10.	TUBERIA DE Ø 2" DRENAJE EN MURO.	ML	150.41
07.05.	PONTON LUZ=8.00 ML (02 UND)		
07.05.01.	TRABAJOS PRELIMINARES		
07.05.01.01	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	2,117.52
07.05.01.02	ENCAUZAMIENTO DE CAUCE DE RIO CON MAQUINARIA PESADA	M3	120.00
07.05.02.	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
07.05.02.01	EXCAVACION EN TERRENO SECO	M3	1,281.88
07.05.02.02	EXCAVACION EN TERRENO SATURADO	M3	3,311.71

07.05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE / INC 25% DE ESPONJAMIENTO	M3	4,601.32
07.05.02.04	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN CAPAS DE 30CM	M3	4,543.97
07.05.03.	CONCRETO SIMPLE		
07.05.03.01	CONCRETO PARA SOLADO F'C=100 KG/CM2	M2	6,113.71
07.05.04.	CONCRETO ARMADO EN ESTRIBO		
07.05.04.01	CONCRETO F'C=175 KG/CM2+30% P.G. - ESTRIBOS	M3	148,091.56
07.05.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESTRIBOS	M2	16,408.69
07.05.05.	CONCRETO ARMADO EN LOSA		
07.05.05.01	CONCRETO F'c=210 Kg/cm2 (LOSA)	M2	14,653.12
07.05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	M2	3,932.71
07.05.05.03	ACERO DE REFUERZO Fy=4200 Kg/cm2	KG	20,267.38
07.05.06.	REVOQUES Y ENLUCIDOS EN PONTON		
07.05.06.01	REVOQUES Y ENLUCIDOS	M2	1,039.18
07.05.07.	PINTURA EN PONTON		
07.05.07.01	PINTURAS	M2	351.59
07.05.08.	VARIOS EN PONTON		
07.05.08.01	VARIOS	GLB	42,513.74
07.06.	MURO DE CONTENCION		
07.06.01.	OBRAS PROVISIONALES		
07.06.01.01	SEÑALIZACION CON CINTA DE SEGURIDAD	ML	744.48
07.06.02.	TRABAJOS PRELIMINARES		
07.06.02.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	M2	242.88
07.06.02.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO PRELIMINAR	M2	1,346.40
07.06.03.	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
07.06.03.01	EXCAVACION MASIVA CON MAQUINARIA EN TERRENO NORMAL	M3	3,119.08
07.06.04.02	ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO PESADO	M3	2,117.19
07.06.03.03	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO EN CAPAS DE 30CM	M3	1,758.07
07.06.04.	OBRAS DE CONCRETO CICLOPEO		
07.06.04.01	CONCRETO CICLOPEO F'C=140 KG/CM2 + 70% P. G. (6" MAX.)	M3	13,403.82
07.06.04.02	CONCRETO CICLOPEO F'C=140 KG/CM2 + 30% P. M. (3" MAX.)	M3	21,688.46
07.06.04.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA MUROS DE CONTENSION	M2	14,208.72
07.06.05.	DRENAJE		
07.06.05.01	TUBERIA DE Ø 3" DRENAJE EN MURO.	ML	2,663.32
08.00.	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL		
08.01.	SEÑAL INFORMATIVA		
08.01.01.	EXC. NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	M3	19.61
08.01.02.	CONCRETO f'c=140 kg/cm2 + 30 % PM	M3	493.45
08.01.03.	SEÑAL INFORMATIVA	UND.	1,314.20
08.02.	SEÑAL PREVENTIVA		
08.02.01.	EXC. NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	M3	25.07
08.02.02.	CONCRETO f'c=140 kg/cm2 + 30 % PM	M3	553.76
08.02.03.	SEÑALES PREVENTIVAS	UND.	3,918.24
08.03.	SEÑAL REGLAMENTARIA		
08.03.01.	EXC. NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	M3	2.73

08.03.02.	CONCRETO f _c =140 kg/cm ² + 30 % PM	M3	60.31
08.03.03.	SEÑALES REGLAMENTARIAS	UND.	435.36
08.04.	POSTES KILOMETRICOS		
08.04.01.	HITOS KILOMETRICOS	UND.	857.64
09.00.	ENSAYOS DE LABORATORIO		
09.01.	ENSAYO DE RESISTENCIA DE CONCRETO (PRUEBA A LA COMPRESION)	UND	295.00
09.02.	DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO 175 KG/CM ²	UND	3,540.00
09.03.	ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO	UND	519.20
09.04.	ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO	UND	472.00
09.05.	ENSAYO DE CBR PARA SUBRAZANTE	UND	3,776.00
10.00.	TRATAMIENTO AMBIENTAL		
10.01.	MITIGACION POR IMPACTO NEGATIVO EN EL AIRE	GLB	1,000.00
10.02.	MITIGACION POR IMPACTO NEGATIVO EN EL SUELO	GLB	1,000.00
10.03.	TRATAMIENTO DE AREAS AFECTADAS EN CAMPAMENTO	M2	146.51
10.04.	TRATAMIENTO DE AREAS AFECTADAS EN CANTERAS	M2	2,650.50
10.05.	TRATAMIENTO DE BOTADEROS	M2	2,937.60
11.00.	CAPACITACION		
11.01	TALLER DE CAPACITACION A LA POBLACION	GLB	3,000.00
11.02	ELABORACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	GLB	2,500.00
12.00.	FLETE DE MATERIALES		
12.01.	FLETE TERRESTRE	GLB	9,342.05
12.02.	FLETE DE EXPLOSIVOS Y CUSTODIO POLICIAL	GLB	12,000.00
13.00.	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO		
13.01.	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	GLB	16,000.00

Fuente: Elaboración Propia.

- **Presupuesto:** Teniendo en consideración la planilla de metrados y los costos unitarios de cada partida que intervienen en el proceso de construcción del puente sobre el río oso, se presenta en la tabla 38:

Tabla 38 – Presupuesto de la carretera.

ITEM	PARTIDA	MONTO PARCIAL
01	OBRAS PROVISIONALES	11,224.34
02	TRABAJOS PRELIMINARES	41,608.96
03	MOVIMIENTO DE TIERRAS	411,630.97
04	MEJORAMIENTO DE TERRENO PARA AFIRMADO	28,332.86
05	AFIRMADO CON MATERIAL SELECCIONADO	78,102.76
06	CUNETAS	4,242.57
07	OBRAS DE ARTE	495,708.70
08	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL	7,680.37
09	ENSAYOS DE LABORATORIO	8,602.20
10	TRATAMIENTO AMBIENTAL	7,734.61

11	CAPACITACION	5,500.00
12	FLETE DE MATERIALES	21,342.05
13	PLAN DE MONITOREO ARQUEOLOGICO	16,000.00
COSTO DIRECTO		1,137,710.39

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados específicos

- A. De los estudios realizados en el capítulo anterior se tiene que: El estudio topográfico se inició desde la comunidad Santa Rosa hasta Tincona Pampa en la parte baja, en donde se termina el levantamiento topográfico, siendo el área de trabajo delimitado por las siguientes coordenadas UTM comprendidas entre 527587.250 E 8693636.230N (inicio) y 529883.412E – 8590203.05N (fin). Las superficies por dónde se emplazarán los componentes del proyecto, se encuentran con arbustos, malezas, suelos conformados de suelo normal, grava y en algunos sectores con rocas sueltas con pendientes transversales de hasta 60°. “Del estudio de mecánica de suelos, se tiene que, en base al perfil estratigráfico, nos permite conocer los espesores y calidad de los materiales que conforman las distintas capas del terreno con la finalidad de obtener los parámetros necesarios de diseño, así mismo la calidad y permanencia del proyecto depende de que se efectuó el control oportuno de los parámetros de calidad de los materiales antes y durante su ejecución (proceso constructivo). Por lo tanto, deberán aplicar en forma estricta y adecuada las técnicas y procedimientos utilizados en ingeniería para la explotación de bancos de materiales (canteras), fundamentalmente teniendo siempre en consideración la variabilidad horizontal y vertical que presentan la mismas por su origen, por otro lado, durante los trabajos de explanaciones, es recomendable se realicen las verificaciones de las condiciones de los suelos de fundación, en caso de encontrarse alguna diferencia con los datos obtenidos en laboratorio, puedan efectuarse algún reajuste, si el caso lo amerita.” Del estudio hidrológico, resulta que la distribución de log-pearson tipo III es la que más se apega a la serie de datos de la estación Meteorológica de CO-Huancavelica, los estudios realizados

corresponden al radio de influencia de la estación meteorológica de CO-Huancavelica, ya que es la más cercana a la zona de estudio, por lo que se recomienda utilizar los datos de dicha estación toda vez que se haga una verificación de dichos datos hidrológicos. En el estudio hidráulico se ha considerado el coeficiente de escorrentía igual a 0.42, porque la superficie del área del estudio se presenta una cobertura forestal, textura arcillolimsa con pendiente 0.095 m/m y la intensidad de diseño, para un período de retorno de 20 años se obtuvo un tiempo de concentración de 2.96 min, con una intensidad máxima de 308 mm/hora.

B. El presente estudio tiene las características técnicas consideradas para este proyecto y son de acuerdo a lo recomendado por las normas de diseño, y lo establecido durante la inspección de la vía, sus características son:

- ✓ Índice medio diario : 20 veh/día
- ✓ Velocidad directriz : 20 km/h
- ✓ Pendiente mínima : 0.50 %
- ✓ Pendiente máxima : 12.00 %
- ✓ Radio mínimo de curvatura : 12.50 m
- ✓ Radio minino excepcional : 10 m
- ✓ Superficie de rodadura-calzada : 3.00 m
- ✓ Ancho de berma : 0.50 m a cada lado
- ✓ Ancho de plataforma : 4.00 m.
- ✓ Bombeo : 2.00 %
- ✓ Peralte minino : 1.00%
- ✓ Peralte máximo : 12.00 %
- ✓ Talud de relleno : 1:2
- ✓ Espesor de afirmado : 15.00 cm
- ✓ Cunetas : 0.50 x 0.30 cm
- ✓ Afirmado : e=0.15 m.

- C. Para determinar el costo de construcción de la carretera del C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores, se tuvo como primer paso el de realizar la cuantificación de los metrados de todas las actividades que intervienen en el proceso constructivo, seguidamente se llevó a cabo el análisis de costos unitarios donde inciden la mano de obra, materiales y/o insumos y herramientas y equipos de todas las actividades y finalmente se determina el costo de cada actividad multiplicándose para ello el metrado con sus respectivo costo unitario, se logró determinar que el costo de construcción de la carretera, es de S/ 1,137,710.39 (Un Millón Ciento Treinta y Siete Mil Setecientos Diez con 39/100 soles).

CONCLUSIONES

- A. De acuerdo al objetivo general planteado, que es Proponer el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018, se concluye que; para el diseño geométrico de la carretera se utilizó El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, el cual fue aprobado mediante Resolución Directoral N°03-2018-MTC/14, y que forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC.
- B. De acuerdo al primer objetivo específico planteado, que es desarrollar los estudios previos para realizar el diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018, se concluye que; El estudio topográfico se inició desde la comunidad Santa Rosa hasta Tincona Pampa en la parte baja, en donde se termina el levantamiento topográfico, siendo el área de trabajo delimitado por las siguientes coordenadas UTM comprendidas entre 527587.250 E 8693636.230N (inicio) y 529883.412E – 8590203.05N (fin). Del estudio de mecánica de suelos, se tiene que, en base al perfil estratigráfico, nos permite conocer los espesores y calidad de los materiales que conforman las distintas capas del terreno con la finalidad de obtener los parámetros necesarios de diseño. Del estudio hidrológico, resulta que la distribución de log-pearson tipo III es la que más se apega a la serie de datos de la estación Meteorológica de CO-Huancavelica, los estudios realizados corresponden al radio de influencia de la estación meteorológica de CO-Huancavelica, ya que es la más cercana a la zona de estudio.
- C. De acuerdo al segundo objetivo específico planteado, que es Aplicar la metodología de diseño geométrico de la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores – Huancavelica, según la norma DG-2018, se concluye que; Al aplicar lo indicado por el Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, el cual fue aprobado mediante Resolución Directoral

N°03-2018-MTC/14, la vía en estudio las características técnicas son de acuerdo a lo recomendado por las normas de diseño, y estas características son: Índice medio diario: 20 veh/día, Velocidad directriz: 20 km/h, Pendiente mínima: 0.50 %, Pendiente máxima: 12.00 %, Radio mínimo de curvatura: 12.50 m, Radio mínimo excepcional: 10 m, Superficie de rodadura-calzada: 3.00 m, Ancho de berma: 0.50 m a cada lado, Ancho de plataforma: 4.00 m, Bombeo: 2.00 %, Peralte mínimo: 1.00%, Peralte máximo: 12.00 %, Talud de relleno: 1:2, Espesor de afirmado: 15.00 cm, Cunetas: 0.50 x 0.30 cm, Afirmado: $e=0.15$ m.

- D. De acuerdo al tercer objetivo específico planteado, que es Determinar los costos de construcción para la carretera C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores - Huancavelica, se concluye que; Para determinar el costo de construcción de la carretera del C.P. Santa Rosa de Chopcca al C.P. Los Libertadores, se tuvo como primer paso el de realizar la cuantificación de los metrados de todas las actividades que intervienen en el proceso constructivo, seguidamente se llevó a cabo el análisis de costos unitarios donde inciden la mano de obra, materiales y/o insumos y herramientas y equipos de todas las actividades y finalmente se determina el costo de cada actividad multiplicándose para ello el metrado con sus respectivo costo unitario, se logró determinar que el costo de construcción de la carretera, es de S/ 1,137,710.39 (Un Millón Ciento Treinta y Siete Mil Setecientos Diez con 39/100 soles).

RECOMENDACIONES

1. En cuanto al diseño geométrico, se recomienda cumplir en lo mayor posible con las tangentes de diseño, bajando los radios hasta el mínimo que te permite la norma (25 m), tratando de esta forma de dar mayor longitud a las tangentes que no cumplen con la norma en mención. También se puede observar que en la verificación $R1/R2 \leq 1.5$, existirán tramos en los que no va cumplir, esto debido a que, si aumentamos el radio que le sigue para que esto cumpla, entonces los tramos en tangente no van a cumplir, o si disminuimos un radio para que esto cumpla, los radios mínimos no cumplirían, se recomienda dar prioridad a los radios mínimos y a los tramos en tangente.
2. En el proceso de planificación del eje vial a proyectar, se recomienda que debe existir un panorama general, que no solo considere el diseño geométrico, sino también otros factores como el drenaje (en la intersección de barrancos, considerar el tipo de camino). Se debe analizar la estructura a proyectar a qué nivel llegar, geología y suelo (evitar excavaciones en zonas inestables y rellenos en lugares inadecuados), seguridad vial (teniendo en cuenta la velocidad de funcionamiento).
3. Al realizar el diseño geométrico de una carretera en el Perú, se recomienda, en forma complementaria a la norma peruana, el uso de normas extranjeras, por ejemplo, la norma AASHTO. Además, enfatizar que el especialista debe de verificar que los conceptos y valores que se encuentren en el Manual de Carreteras, sean los adecuados para el proyecto.
4. En cuanto al estudio topográfico, se recomienda la ubicación de los BMs en objetos fijos en el tiempo, que garanticen su continuidad hasta el replanteo en obra. También se recomienda realizar la compensación de los datos obtenidos en campo, tanto en coordenadas como en cotas, una vez se cuente con los datos compensados, recién procesarlos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2011). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington D.C.
- 2.- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2001). Diseño geométrico de Caminos locales de Muy Bajo Volumen (TMD<400). Washington D.C.
- 3.- Alvarado, W., Martinez, L. (2017). Propuesta para la actualización del Diseño Geométrico de la carretera Chancos-Vicos-Wiash Según Criterios de Seguridad Y Economía. (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima – Perú.
- 4.- Camelo, V., Pereira, Y. (2015). Factores que afectan los rendimientos de las motoniveladoras y compactadoras en las construcciones de Obras Viales urbanas en Bogotá. (Tesis de Pregrado). Universidad de la Salle. Bogotá, Colombia.
- 5.- Cárdenas, J. (2012). Estudio comparativo de metodologías de relevamiento de fallas en caminos no pavimentados. (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú.
- 6.- Castro, C., Céspedes, M. (2009). Estudio Comparativo de Normas de Diseño Geométrico y Pavimentos de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito. Caso: “Carretera Lancarolla – Mungui”. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú.
- 7.- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos. Lima, Perú.
- 8.- Ibáñez, W. (2011). Costos y Tiempos en Carreteras. Lima, Perú.
- 9.- Menéndez, J. (2012). Ingeniería de pavimentos: Materiales, diseño y conservación. Lima, Perú.
- 10.- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). (2001). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2001. Lima, Perú.
- 11.- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018. Lima, Perú.

- 12.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG – 2013. Lima, Perú.
- 13.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). Manual de Carreteras: Mantenimiento o conservación Vial. Lima, Perú.
- 14.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). Manual de ensayo de materiales. Lima, Perú.
- 15.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2006). Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Caminos de Bajo Volumen de Tránsito. Lima, Perú.
- 16.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2005). Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito. Lima, Perú.
- 17.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2008). Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito. Lima, Perú.
- 18.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, Perú.
- 19.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2006). Manual Técnico de Mantenimiento Periódico para la Red Vial Departamental No Pavimentada. Lima, Perú.
- 20.- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2006). Manual Técnico de Mantenimiento Rutinario para la Red Vial Departamental No Pavimentada. Lima, Perú.
- 21.- Morales, A. (2017). Diseño Geométrico y Medición de niveles de servicio esperado del tramo crítico de la Ruta N° LM-122. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú.
- 22.- Overseas Road Note 6 “A Guide to Geometric Design” Overseas Unit. (1998). Transport and Road Research Laboratory Crowthome Berkshire. United Kingdom.

ANEXOS

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Estudio Topográfico.

ANEXO 03 – Datos de Senamhi.

ANEXO 04 – Estudio de Mecánica de Suelos.

ANEXO 05 – Estudio de Trafico.