

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN
DE LA RUTA 107 TRAMO: BOCAPÁN – SUÁREZ – BOCANA
DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL EMPALME PE-1N**

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES

AUTORAS: BR. CENTURIÓN MENDOZA, Estefany Paola
BR. VARGAS ZÁRATE, Yuri Génesis

ASESOR: ING. BURGOS SARMIENTO, Tito Alfredo

TRUJILLO - PERÚ

2019

MIEMBROS DEL JURADO

ING. Enrique Francisco Luján Silva

PRESIDENTE

N° CIP: 59460

ING. Henríquez Ulloa Juan Paul

SECRETARIO

N° CIP: 118101

ING. Roció Del Pilar Durand Orellana

VOCAL

N° CIP: 60518

ING. Tito Alfredo Burgos Sarmiento

ASESOR

CIP: 82596

DEDICATORIA

Esta meta no la hubiera podido cumplir sin la ayuda incondicional de mis amados padres **Ronal Centurión** y **Mónica Mendoza** a quienes dedico este logro tan importante en mi vida, pues ellos han sido mi fortaleza constante quienes me enseñaron desde pequeña a trabajar con ahínco para lograr mis objetivos a ser perseverante y tener grandes aspiraciones. A mis hermanos **Ronaldo** y **Andrea** que siempre me acompañaron en este proceso.

Durante el desarrollo del pregrado de mi carrera conocí a profesores muy exigentes a quienes considero maestros no solo de lo académico sino de la vida, pues a ellos debo gran parte de mi formación profesional, les agradezco por sus fructuosas enseñanzas.

Definitivamente nada se concreta sin la aprobación de nuestro padre celestial, Dios siempre guio mis pasos y me brindó su sagrada protección.

También dedico este logro a esa persona tan especial que me vio crecer y los mejores años de mi niñez los viví junto a él, mi bisabuelo **J. Manuel León** quien ahora es mi ángel protector desde el cielo.

A mi familia en general por confiar en mí y apoyarme durante este proceso de mi formación profesional.

Br. Estefany Paola Centurión Mendoza

DEDICATORIA

A **Dios**, por su eterno apoyo, siempre estuvo allí y lo estará, dándome la seguridad y guiándome en cada decisión que he tomado, porque puso en mí la pasión por esta hermosa carrera y porque sé que tiene un gran propósito en mí.

A mis amados padres **Renato Vargas** y **Gloria Zárate** quienes me formaron e hicieron lo que ahora soy, me brindaron su apoyo incondicional en todo momento, y me dieron la confianza y fortaleza para persistir y lograr esta meta.

A mi hermano **Jhafet Vargas**, que siempre estuvo en los momentos en los que más lo necesitaba y sabía que podía contar con él, por su amistad, confianza, apoyo y su deseo por verme lograr mis metas.

A mis docentes quienes impartieron sus conocimientos con el objetivo de formar a excelentes profesionales y personas, por su disciplina, paciencia, didáctica y respeto.

A mis amigos, que me acompañaron en todos los ciclos, y también fueron un papel importante en mi etapa universitaria.

Br. Yuri Génesis Vargas Zárate

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres, hermanos y demás familia por su buen ejemplo, amor, paciencia y apoyo incondicional durante el desarrollo de nuestras metas.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes nos guiaron a lo largo de nuestra carrera y nos dieron las herramientas para tener una formación académica de calidad. A nuestro asesor **Tito A. Burgos Sarmiento** quien nos brindó su tiempo, paciencia, orientación durante la elaboración de esta tesis, y ánimo para la búsqueda de información que permitió culminar la presente tesis.

RESUMEN

La presente tesis de ingeniería civil está básicamente orientada al área de transportes, mediante la cual se desarrolló un estudio vial de cuatro kilómetros de la ruta 107 Tramo: Bocapan – Suarez – Bocana, empalme PE-1N perteneciente a la provincia de Contralmirante Villar, departamento de Tumbes. En las cuales encontramos diferentes factores que intervienen en el mal estado de vía; se tiene como objetivo general realizar una propuesta de diseño geométrico y señalización vial de para determinar la viabilidad de su mejoramiento en el futuro y así poder contribuir a la solución vial a los principales problemas que se presentan actualmente.

Se realizó un análisis sobre la situación del tráfico actual a través de conteos manuales para determinar los volúmenes de máxima demanda y obtener datos para realizar el estudio de tráfico de la carretera antes mencionada. También se llevó acabo el estudio de suelos para el correcto diseño de la vía. Así mismo, se realizó un diagnóstico de la situación actual de la infraestructura vial que presenta la carretera, con dichos resultados se pudo observar a detalle los principales problemas que suceden a diario en dicha carretera.

Por último, se planteó una propuesta de solución vial para los problemas de tráfico e infraestructura vial de esta intersección, se replanteó un nuevo diseño geométrico de la vía así como de la señalización vial; la cual se presentó para contribuir a un correcto control de tráfico en la intersección evaluada.

Palabras clave: Diseño geométrico, infraestructura vial, señalización vial.

ABSTRACT

This civil engineering thesis is oriented to the transport area, through the specific quality in a four-kilometer road study of Route 107 Section: Bocapan - Suárez - Bocana, junction PE-1N belonging to the Province of Contralmirante Villar, department of Tumbes. In which we find different factors that intervene in the poor state of the road; its general objective is to make a proposal of geometric design and road signs to determine the viability of its improvement in the future and thus be able to contribute to the road solution to the main problems that are currently presented.

An analysis was carried out on the current traffic situation through manual contents to determine the volumes of maximum demand and obtain data to carry out the traffic study of the aforementioned road. The soil study was also carried out for the correct design of the road. Likewise, a diagnosis was made of the current situation of the road infrastructure that the road presents, with these results a detail of the main problems that occur to a newspaper on that road could be observed.

Finally, a proposal for a road solution for the traffic and road infrastructure problems of this intersection was proposed, a new geometric design of the road was replaced as well as the signaling; the quality presented to contribute to a correct control of traffic at the compromised intersection.

Keywords: Geometric design, road infrastructure, road signs.

PRESENTACIÓN

Sres. miembros del jurado:

Cumpliendo con lo establecido en el reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a vuestra consideración el presente trabajo de investigación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEÑALIZACIÓN DE LA RUTA 107 TRAMO: BOCAPÁN – SUÁREZ – BOCANA DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL EMPALME PE-1N**, teniendo como propósito la obtención del título profesional de Ingeniero Civil.

El desarrollo de la presente tesis, surge como solución a la necesidad de elaborar el diseño de la carretera y señalización del Tramo: Bocapán – Suarez - Bocana, ubicado en el distrito de Casitas, provincia de Contralmirante Villar, Departamento de Tumbes, de tal forma que cumpla con la norma vigente de diseño geométrico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, y el Manual de Dispositivos.

Las deficiencias de la infraestructura vial es decir de la mencionada carretera en dicho Tramo y sus consecuencias captó nuestro interés por proponer una alternativa de solución, aplicando los fundamentos de Ingeniería Civil, contribuyendo así al desarrollo óptimo en cuanto a comercio y demás actividades económicas y sociales de la zona en estudio.

Atentamente

Br. Centurión Mendoza Estefany P.

Br. Vargas Zárate Y. Génesis

Trujillo, octubre del 2019

INDICE

ÍNDICE TABLAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
ÍNDICE DE CUADROS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
I. INTRODUCCIÓN	15
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Enunciado del problema	16
1.3. Formulación del problema	16
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivo general	16
2.2. Objetivos específicos	17
3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	17
II. MARCO DE REFERENCIA	19
1. ANTECEDENTES	19
2. MARCO TEÓRICO	23
2.1. PLANEAMIENTO VIAL PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRTERA	23
2.2. ESTUDIO DE TRÁFICO Y DEMANDA	25
2.3. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS	25
2.3.1. Clasificación por demanda	25
2.3.2. Clasificación por orografía	26
2.4. VEHÍCULO DE DISEÑO	26
2.5. VELOCIDAD DE DISEÑO	26

2.6.	DISTANCIA DE VISIBILIDAD	27
2.7.	ALINEAMIENTO HORIZONTAL	30
2.8.	ALINEAMIENTO VERTICAL	38
2.9.	SECCIÓN TRANSVERSAL	41
2.10.	ESTUDIO DE SUELOS	42
2.10.1.	EL SUELO COMO MATERIAL	42
2.10.2.	ESTUDIO DE SUELO	42
2.11.	ENSAYOS DE LABORATORIO	43
2.11.1.	LIMITES DE ATTERBERG	43
2.11.2.	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D – 421)	45
2.11.3.	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D – 1557)	45
2.11.4.	ENSAYO DE C.B.R (AASHTO T 180 – D)	46
2.12.	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	47
2.12.1.	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO	47
2.12.2.	SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO	50
2.13.	SEÑALIZACIÓN VIAL	52
2.13.1.	METODOLOGÍA DE DISEÑO	52
2.13.2.	SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO VERTICAL	52
2.13.3.	SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO HORIZONTAL	56
2.14.	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	58
2.14.1.	Desviación Estándar (S_o)	60
2.14.2.	Confiabilidad (R)	60
2.14.3.	Módulo de Resiliencia	60
2.14.4.	Servicialidad del Pavimento	61
2.14.5.	Número Estructural del Pavimento	62
2.14.6.	“Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica (<i>para cada pulgada de espesor de la base</i>):”	62
2.14.7.	“Coeficiente Estructural para la Base (<i>para cada pulgada de espesor de la base</i>):”	63
2.14.8.	“Coeficiente Estructural para la Sub-base (<i>para cada pulgada de espesor de la sub-base</i>):”	63
2.14.9.	Coeficiente de drenaje	63

3. MARCO CONCEPTUAL	65
3.1. ACCESIBILIDAD	65
3.2. CLASIFICADOR DE RUTAS	65
3.3. INGENIERÍA DE TRÁNSITO	65
3.4. RED VIAL DEPARTAMENTAL	66
3.5. RED VIAL NACIONAL	66
3.6. TRANSPORTE O TRANSPORTACIÓN	67
4. HIPÓTESIS	67
5. VARIABLES E INDICADORES	67
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	68
1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	68
2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO	68
2.1. Material	68
2.1.1. Población	68
2.1.2. Muestra	68
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	69
3.1. Diseño de Contrastación.	69
4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	69
4.1. Técnicas	69
4.2. Instrumentos	69
5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	70
5.1. Procesamiento	70
5.2. Análisis de datos	70
5.2.1. Diagnóstico de la vía existente	70
5.2.2. Estudio de Tráfico y Demanda	72
5.2.3. Clasificación de la carretera	75
5.2.4. Vehículo de diseño	76
5.2.5. Velocidad de diseño	76
5.2.6. Radio Mínimo	77

5.3.	Diseño del Alineamiento Horizontal	78
5.3.1.	Distancia de visibilidad de parada	78
5.3.2.	Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento	79
5.3.3.	Trazo	79
5.3.4.	Coordinación entre curvas	80
5.3.5.	Velocidad específica en curvas horizontales.	80
5.3.6.	Peraltes y transición de peraltes	81
5.3.7.	Sobreanchos	84
5.4.	Diseño del Alineamiento Vertical	85
5.4.1.	Rasante, pendiente mínima y máxima	85
5.4.2.	Curvas Verticales	87
5.5.	Diseño de la sección transversal	89
5.5.1.	Pavimento	89
5.5.2.	Calzada	98
5.5.3.	Bermas	99
5.5.4.	Cunetas	100
5.5.5.	Derecho de vía	102
5.5.6.	Taludes	103
5.6.	Movimiento de tierras	103
5.7.	Señalización de la vía	106
5.7.1.	Señalización Vertical	107
5.7.2.	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	109
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	110
1.	PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	110
2.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	110
3.	PRUEBA DE HIPOTESIS	113
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	114
4.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
5.	ANEXOS	119

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Distancia de visibilidad de parada con pendiente.....	28
Tabla 2: Coeficiente de fricción, pavimento húmedo.....	29
Tabla 3: Valores de peralte máximo.....	30
Tabla 4: Fricción transversal máxima en curvas.....	30
Tabla 5: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente.....	32
Tabla 6: Valores de bombeo de la calzada.....	36
Tabla 7: Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición.....	37
Tabla 8: Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de tercera clase.....	37
Tabla 9: Pendientes Máximas (%)......	41
Tabla 10: Clasificación típica de valores de CBR.....	47
Tabla 11: Rangos de Confiabilidad.....	60
Tabla 12: Grado de servicialidad del pavimento.....	61
Tabla 13: Coeficientes estructurales.....	63
Tabla 14: Coeficientes de drenaje.....	64
Tabla 15: Espesores recomendables para pavimento flexible.....	64
Tabla 16: Red vial departamental del Perú.....	66
Tabla 17: Operacionalización de Variables.....	67
Tabla 18: Localización del Tramo: Bocapán – Suárez - Bocana.....	68
Tabla 19: IMDA.....	73
Tabla 20: Tasa de Crecimiento poblacional.....	73
Tabla 21: Tabla de crecimiento PBI.....	73
Tabla 22: IMDA Proyectado.....	74
Tabla 23: Pendiente transversal.....	75
Tabla 24: Radios mínimos.....	77
Tabla 25: Longitudes de tramo en tangente del diseño.....	78
Tabla 26: Distancia de visibilidad de parada de diseño.....	78
Tabla 27: Longitudes de tramos en tangente en el diseño.....	79
Tabla 28: Coordinación entre curvas.....	80
Tabla 29: Velocidad específica de curvas horizontales.....	80

Tabla 30: Peraltes consignados a las curvas del diseño	81
Tabla 31: Factor de proporcionalidad del peralte (K)	82
Tabla 32: Cálculo de la longitud de transición de peralte	83
Tabla 33: Valores de sobreamplios.....	84
Tabla 34: Pendientes de entrada y salida de los puntos de inflexión	85
Tabla 35: Verificación de la longitud crítica	87
Tabla 36: Longitudes de curvas verticales	88
Tabla 37: Factores de Distribución Direccional y de Carril	90
Tabla 38: Tipo de Tráfico Pesado expresado en EE.	93
Tabla 39: Valores recomendados de niveles de Confiabilidad.	94
Tabla 40: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr).	95
Tabla 41: Números Estructurales requeridos según Tipo de tráfico	97
Tabla 42: Anchos mínimos de calzada.....	98
Tabla 43: Bombeo de calzada.....	99
Tabla 44: Anchos de berma	99
Tabla 45: Dimensiones mínimas de cunetas.....	101
Tabla 46: Ancho mínimo de derecho de vía.....	102
Tabla 47: Taludes para diseño de vía	103
Tabla 48: Resumen de Volúmenes	106

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Relación entra la ingeniería de transporte, ingeniería de tránsito y el proyecto geométrico.....	24
Gráfico 2: Gráfica para hallar la distancia de visibilidad de paso	29
Gráfico 3: Simbología de la curva circular	31
Gráfico 4: Coordinación entre curvas circulares para autopistas y carreteras de 2da y 3era clase.....	31
Gráfico 5: Peralte en zona rural (Tipo 1; 2 o 3)	32
Gráfico 6: Secciones transversales y perfil parcial de la Transición de.....	35
Gráfico 7: Longitud mínima de curva vertical para contar con D_p	39
Gráfico 8: Longitud mínima de curva vertical para contar con D_a	39
Gráfico 9: Longitud mínima de curva vertical para contar con D_p	40
Gráfico 10: Estados del Suelo.....	43
Gráfico 11: Distancia de visibilidad de paso (m).....	79
Gráfico 12: Identificación de peralte para zona rural	81
Gráfico 13: Longitud crítica en pendiente	86

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Clasificación de carreteras por demanda	25
Cuadro 2: Clasificación de carreteras por Orografía	26
Cuadro 3: Rangos de la velocidad de diseño	27
Cuadro 4: Sistema de clasificación AASHTO.....	49
Cuadro 5: Sistema unificado de clasificación de suelo.....	51
Cuadro 6: Clasificación de marcas elevadas.....	58
Cuadro 7: Vehículo de diseño	76
Cuadro 8: Rango de velocidades en función a la demanda y orografía.	76
Cuadro 9: Cálculo de peraltes	84
Cuadro 10: Cargas reales por eje del vehículo de diseño.	91
Cuadro 11: Inclinação de bermas.....	100
Cuadro 12: Señales reguladoras o reglamentarias empleadas en la vía proyectada.	107
Cuadro 13: Señales preventivas empleadas en la vía proyectada.....	108
Cuadro 14: Señales informativas usadas en la vía proyectada.....	109
Cuadro 15: Señalización horizontal utilizada en la vía proyectada.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Inicio de curva circular (PC)	33
Figura 2: Inicio de peralte máximo (PC)	33
Figura 3: Longitud de transición	34
Figura 4: Sección Transversal típica de una carretera de 3era clase.....	42
Figura 5: Mensajes en Señal R-27	53
Figura 6: Señales de prioridad	53
Figura 7: Señales de prohibición de maniobras y giros	53
Figura 8: Señales de restricción	53
Figura 9: Señales preventivas – curvatura horizontal.....	54
Figura 10: Señales preventivas – pendiente longitudinal	54
Figura 11: Señales preventivas por características de la superficie de rodadura. 54	
Figura 12: Señales preventivas por restricciones físicas de la vía	55
Figura 13: Ejemplos de señales de dirección	55
Figura 14: Ejemplos de señales de dirección turística	56
Figura 15: Señales informativas de servicios generales	56
Figura 16: Señalización de tránsito horizontal.....	57
Figura 18: Propuesta final de Pavimento Flexible.	98
Figura 19: Ancho mínimo de derecho de vía.....	101
Figura 20: Diagrama de masas	105

I. INTRODUCCIÓN

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Realidad problemática

El transporte en el mundo es impresionante, los países de ingresos bajos y medianos no tienen suficientes carreteras apropiadas para ayudar a sus economías a crecer y a sus ciudadanos a progresar. Estudios del Banco Mundial (2005), reportan que el incremento de América Latina ha sido en general más bajo que otros países de ingreso medio; de tal manera que la región latinoamericana en promedio gasta el 2% del PBI en infraestructura, a diferencia de los años de 1980 y 1985 donde se alcanzó el 3.7%. (Carrasco Osorio, 2009)

Una de las principales limitaciones de la infraestructura en el Perú es el insuficiente desarrollo de la infraestructura de transporte, la que debiera contribuir significativamente a la integración territorial y al desarrollo de las actividades productivas, facilitando el traslado de personas y el intercambio de bienes y servicios, y reduciendo costos que conducen al mejoramiento de la competitividad del país. (CEPLAN, 2011)

Tal es así que la Región de Tumbes, tiene un total de 285.27 km. de infraestructura vial departamental, del cual, al mes de julio del 2018 el 75.63% no se encuentra pavimentado (MTC, 2018). El tramo en estudio se encuentra localizado en la provincia de Contralmirante Villar en el distrito de Casitas, de los cuales el 39% se encuentra a nivel afirmado y en su mayor parte en un pésimo estado.

Debido a su ubicación geográfica Casitas es un valle que cuenta con la principal cuenca hidrográfica de la provincia, la quebrada de Casitas – Bocapán (Gobierno Regional de Tumbes, 2004), durante los meses de enero, febrero y marzo, las precipitaciones pluviales alcanzan el nivel 3 y hasta 4, lo que debilita a la subrasante de la carretera, causando la pérdida de la sección vial e interrupción del servicio de transitabilidad y

afecta hasta 470 familias que viven en los pueblos de (Rodríguez, 2017) Trigo, Pueblo Nuevo y Tamarindo.

Esta investigación estudió 4 km de la ruta 107 Tramo: Bocapán – Suárez – Bocana, en el distrito de Casitas y uno de los principales problemas es la falta de un buen diseño geométrico de la carretera a nivel de asfaltado, que cumpla con los criterios y recomendaciones del Manual de Carreteras vigente.

Otro problema es el poco mantenimiento que se hace a las obras de arte; el afirmado se ha degradado de forma rápida por las mismas condiciones del lugar. Esto está impidiendo el ingreso de vehículos pesados, trayendo consigo el decrecimiento del ingreso económico familiar de la zona (MIRE - CASITAS, 2018) ya que su principal actividad económica es la agricultura.

1.2. Enunciado del problema

Determinar en qué medida la propuesta de Diseño Geométrico y Señalización mejora la infraestructura vial en la Ruta 107 tramo: Bocapán – Suárez – Bocana de la red vial departamental Empalme PE-1N.

1.3. Formulación del problema

¿En qué medida la propuesta de Diseño Geométrico y Señalización mejora la infraestructura vial en la Ruta 107 tramo: Bocapán – Suárez – Bocana de la red vial departamental Empalme PE-1N?

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar que la propuesta de diseño geométrico y señalización mejora la infraestructura vial de la Ruta 107 Tramo: Bocapán – Suárez – Bocana de la red vial departamental Empalme PE-1N.

2.2. Objetivos específicos

- Elaborar el estudio de suelos.
- Elaborar el Estudio de Tránsito para el cálculo del IMDA de diseño proyectado a 20 años.
- Elaborar el diseño geométrico horizontal y vertical de la carretera, bajo la norma vigente de diseño geométrico del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (DG 2018)
- Determinar los espesores del pavimento flexible con la metodología AASHTO-93.
- Realizar el Estudio y Diseño de Señalización vial.

3. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

La propuesta para mejorar el diseño geométrico y señalización vial del tramo en estudio, se justifica académicamente porque se usarán softwares para hallar curvas de nivel y para el diseño del pavimento, que usualmente son poco conocidos por los estudiantes. Se anexarán los pasos para la obtención de resultados de estos softwares, de tal forma que puedan ser utilizados con mayor frecuencia.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Se justifica socialmente porque la propuesta pretende el transporte seguro y cómodo de los pobladores de Casitas y de los turistas, quienes se han visto afectados durante la estación de verano, impidiéndoles el paso hacia la provincia de Contralmirante Villar.

JUSTIFICACION ECONÓMICA

Se justifica económicamente debido a que la agricultura y la ganadería son fuente principal de la economía del distrito, mediante esta alternativa se procura que el tránsito continúe constante durante los meses de lluvias y así sus ganancias continúen estables durante esta época del año y las familias de los agricultores no se vean afectados.

Además, esta propuesta permite un aumento del potencial turístico en el distrito de Casitas, el cual cuenta con atractivos paisajes, aves y mamíferos, además de las cataratas como Peña Blanca, Chepes, la Pacasera, etc.

II. MARCO DE REFERENCIA

1. ANTECEDENTES

Entre las investigaciones consultadas sobre el diseño geométrico y señalización de carreteras, se presentan algunas tesis efectuadas en los últimos ocho años, cada una con aportes valiosos sobre las variables en estudio.

Cuyubamba (2018), realizó: “La propuesta de diseño geométrico y señalización del tramo 5 de la red vial vecinal empalme ruta AN-111 – Tingo Chico, provincias de Huamalíes y dos de mayo, departamento de Huánuco”.

El objetivo del trabajo de investigación fue elaborar una propuesta de diseño geométrico de 10 Km a nivel de asfaltado y la señalización. Se plantearon dos alternativas que previamente se evaluaron la más óptima y viable. La elección se sujeta a la idea de mejorar el trazo ya existente y no simplemente priorizar el ensanchamiento de la plataforma de rodadura y la mejora del pavimento. La primera alternativa consistía en ajustarse al eje existente de la vía, lo cual no se consideraba adecuada, ya que esta es una vía de bajo tránsito con curvas menores al radio mínimo de diseño, y que, en su mayoría, los elementos geométricos no cumplían con los parámetros, recomendaciones y criterios que el Manual de Carreteras peruano establece.

La segunda alternativa resultaba de un trazo ligeramente diferente al eje existente en la que se priorizaba que obligatoriamente pase por los mismos tramos de empalme entre la carretera existente y los accesos a los poblados cercanos; sin embargo, los empalmes desde el eje nuevo al existente, en dichos tramos, generaban curvas muy cerradas, elevadas cantidades de corte de material y pendientes pronunciadas.

Morales (2017), en su condición de estudiante de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en sus tesis para titulación: “Diseño geométrico y medición de niveles de servicio esperado del tramo crítico de la ruta N° LM-122”, tuvo por objetivo general realizar el diseño geométrico y estimación de los niveles de servicio proyectados 20 años en el futuro del tramo crítico (zona con mayores

pendientes transversales, gran cantidad curvas cerradas) de la ruta LM-122 para determinar la viabilidad de su mejoramiento en el futuro. Después de realizar los respectivos estudios llegó a las siguientes conclusiones:

Para el diseño geométrico de la ruta indicada se realizaron 3 alternativas de diseño. De las tres alternativas presentadas se escogió la tercera, ya que además de cumplir con las disposiciones del manual de diseño geométrico de carreteras, esta alternativa presentaba el menor volumen de movimiento de tierras en comparación a las otras 2 alternativas. Este volumen fue estimado con las herramientas presentes en el software AutoCAD Civil 3D versión 2014.

Al finalizar los cálculos se obtuvo un nivel de servicio A, la cuál es la mejor valoración, esto se sobrepone a la expectativa inicial de un nivel C o D. Lo que lo convertiría en una ruta accesible para llegar a Tanta y serviría como un desvío para la carretera central que recibe gran carga de tráfico diariamente. Esto reactivara la economía del pequeño dándole mayor importancia en su provincia y un incremento de su potencial turístico, lo cual fue el objetivo inicial del trabajo.

De la misma forma Guevara J. y Choctalin E. (2016), en su tesis: “Diseño de la Carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, Distrito De Santo Tomas - Provincia De Luya – Amazonas”. Para alcanzar su objetivo realizaron el levantamiento topográfico respectivo, el estudio de mecánica de suelos, el estudio hidrológico, el diseño geométrico y el estudio de impacto ambiental, así como el presupuesto. Después de analizar los resultados concluyeron que la zona de intervención del proyecto es de topografía accidentada, por lo cual se tendrá que diseñar una carretera de tercera clase según el manual de diseño geométrico DG – 2014. Los estudios realizados tuvieron como objetivo social beneficiar a una población de 1808 pobladores que necesitan trasladarse de una manera más civilizada y así lograr un mayor desarrollo de la población, así como también para mejorar su calidad de vida. El Impacto ambiental del área de influencia a la ejecución de los trabajos es necesario adoptar las medidas que tiendan a minimizar los posibles impactos negativos que pudieran presentarse. En el estudio de impacto ambiental, se establece la existencia de impactos negativos (Acarreo de material de la cantera, sustancias tóxicas,

cambio del ecosistema y otros), contrarrestándose con las medidas de mitigación y prevención al momento de las actividades de construcción; y en los impactos positivos tenemos el servicio de una carretera afirmada, para transporte de vehículos generando desarrollo de la vía y el área de influencia en transporte de carga y pasajeros.

Los hermanos Rojas Suca (2017), en su tesis: “Grado de Precisión en el Diseño Geométrico de una Carretera, utilizando Modelo Digital de Terreno de Google Earth Y GPS Diferencial, en Camaná-Quilca”, llegaron a las siguientes conclusiones: Una mayor cantidad de puntos taquimétricos, si determinan una mayor precisión debido a que estas nos muestran mayores detalles, todo ello siempre que esté conectado a puntos de control, como en el caso de GPS Diferencial, que tiene conexión con los BMs del Instituto Geográfico Nacional de nuestro país. Referente a Google Earth, por no tener control sobre ello, no se ha podido encontrar un grado de precisión, pero, sin embargo, se tienen bastantes coincidencias en los perfiles de secciones transversales y también en el perfil general.

Respecto al grado de detalle topográfico, de los Modelos Digitales de Terreno, la precisión para GPS Diferencial, por tener el control adecuado, es de grado de precisión de primer orden o de orden A, con un error inferior a los 2 mm, y por otro lado el grado de precisión de Google Earth se encuentra por debajo del orden C, pero si en algunas investigaciones se realiza el ajuste respectivo, es probable llegar al orden mencionado. - Los Modelos Digitales de Terreno que se han obtenido con GPS Diferencial, no necesariamente son de grado de precisión de primer orden o de orden A. Esto se debe a que en muchas ocasiones no se tiene el control respectivo de los BMs. Para el caso de estudio de esta investigación el Modelo Digital de terreno tiene un grado de detalle de primer orden o de orden A, a lo cual se aplicó el diseño geométrico en la carretera de 5km en Camaná – Quilca.

A todo esto, los autores recomiendan que para futuras investigaciones referentes al uso de modelos digitales de terreno aplicados al Diseño Geométrico o cualquier obra donde tenga que realizarse movimientos de tierra, se recomienda realizar correcciones necesarias al Modelo Digital de terreno

obtenido a partir de Google Earth, y encontrar la manera de realizar las correcciones, o utilizar otro método para lograr la precisión deseada.

Saldaña P. y Mera S. (2014), en su tesis obtuvieron los siguientes resultados:

Construcción del acceso de 1.14 km., y mejoramiento del tramo Loero y Jorge Chávez de 5.23 km con un ancho de calzadas de 3.5 m en las tangentes y 0.60 a 3.00 m adicionales en las curvas de volteo, con bermas de 0.50 m a cada lado de la calzada a todo lo largo del camino vecinal, para que la velocidad directriz de la vía se establezca en 30 km/hora, en la zona de construcción del acceso tendrá una base de 25 cm de espesor de superficie de rodadura y en el tramo de mejoramiento (Loero-Jorge Chávez) tendrá una base de 15 cm de espesor de superficie de rodadura , construcción de 18 alcantarillas de alivio de Concreto armado tipo cajón (0.60x0.60 m)con aletas de concreto armado ,con zanjas de recolección de 0.70m de ancho ,construcción de 11 alcantarillas de concreto armado de 1.20m de luz cada una , 28 plazoletas de cruce cada 500 m de una longitud de 10.00 m y ancho de 3.40.,Construccion de rampa de concreto de acceso al rio Tambopata en el tramo de acceso teniendo una longitud de 19.60 m de largo y 5 m de ancho y Construcción de rampa de concreto para el acceso al rio Tambopata en el tramo de Loero teniendo una longitud de 49.24 m de largo y 5 m de ancho.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. PLANEAMIENTO VIAL PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE UNA CARRTERA

Las carreteras deben cumplir debido a consideraciones del tipo económico, características del terreno y objetivos del proyecto, que su trazado sea tan directo entre los puntos extremos a enlazar como sea posible, pero cumpliéndose los principios y normas de ingeniería que permitan obtener una obra vial resistente, segura, funcional, económica y de apariencia agradable ante los ojos de conductor . (Fienco Jalca et.al., 2017)

Una carretera es resistente cuando:

- Sufre tensiones elevadas pero la integridad estructural se mantiene.
- Una ligera perturbación en las cargas o la geometría no produce grandes fisuras.

Una carretera es segura cuando:

- Tiene un trazo sencillo.
- Se encuentra correctamente señalizada.
- Cuenta con elementos de seguridad a lo largo de toda la carretera.
- Exista un número reducido de accidente de tránsito durante la vida útil de la carretera.

Una carretera es funcional cuando:

- Cumple con el objetivo de enlazar las localidades existentes.
- Es utilizada durante el tiempo de su vida útil.

Una carretera es económica cuando:

- Los costos por la construcción, operación y mantenimiento de la carretera son considerablemente bajos.

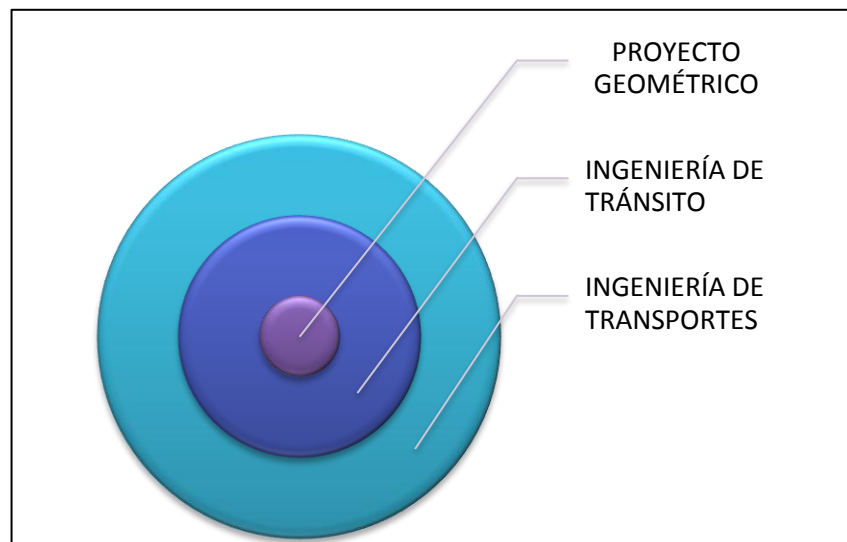
- Los costos de viaje entre dos puntos son menores a comparación de la situación anterior sin carretera o con carretera en mal estado.

Una carretera es agradable al conductor cuando:

- En la trayectoria de la carretera hay atractivos paisajes.
- El trazo de la carretera le permite alcanzar las velocidades deseadas.

El diseño geométrico de una carretera es estudiado por “la Ingeniería de tránsito, que es el subconjunto de la Ingeniería de Transporte, que a su vez contiene al Proyecto Geométrico o Diseño Vial de una carretera. Un proyecto geométrico correlaciona a los elementos geométricos de una vía con la demanda de vehículos, mediante las matemáticas, la física y la geometría.” (Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007)

Gráfico 1: Relación entra la ingeniería de transporte, ingeniería de tránsito y el proyecto geométrico



Fuente: Elaboración propia

La demanda de vehículos o volumen de vehículos, se halla con el Estudio de Tráfico y ayuda a determinar diferentes aspectos de una carretera, ya que proporciona información relacionada con el movimiento de los vehículos y personas en secciones específicas.

2.2. ESTUDIO DE TRÁFICO Y DEMANDA

Mediante el conteo o aforo de todos los usuarios que circulan en un sistema vial se obtiene estimaciones de volumen, tasa de flujo, demanda y capacidad. Para carreteras rurales se estudian específicamente los volúmenes de tránsito promedio diario.

- **Volúmenes de tránsito promedio diarios**

$$TPD = \frac{N: \text{Número total de veh. que pasan}}{1 \text{ día} < T(\text{días}) \leq 1 \text{ año}} \quad (1)$$

Tránsito Promedio Diario Anual

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

(3)

Tránsito Promedio Diario Mensual

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

(2)

Tránsito Promedio Diario semanal

$$TPDS = \frac{TM}{7}$$



(4)

2.3. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

2.3.1. Clasificación por demanda

Se obtiene mediante el máximo volumen vehicular, el cual lo determina el Índice Medio Diario Anual (IMDA) que representa el promedio de los volúmenes diarios para todos los días del año y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. (Manual DG, 2018)

Cuadro 1: Clasificación de carreteras por demanda





 <p>Autopista de Primera Clase</p> <ul style="list-style-type: none"> • IMDA > 6000 veh/día • Separador central (6.00 m) • Dos o mas carriles de 3.60 m cada uno como minimo. • Pavimentada 	 <p>Carretera de Segunda Clase</p> <ul style="list-style-type: none"> • 400 < IMDA < 2000 veh/día • Una calzada • Dos carriles de 3.30 m cada uno como minimo. • Pavimentada
 <p>Autopista de Segunda Clase</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4001 < IMDA < 6000 veh/día • Separador central (1.00 - 6.00 m) • Dos o mas carriles de 3.60 m cada uno como minimo. • Pavimentada 	 <p>Carretera de Tercera Clase</p> <ul style="list-style-type: none"> • IMDA < 400 veh/día • Una calzada • Dos carriles de 3.00 m cada uno como minimo. Excepcionalmente podrán ser de 2.50 m
 <p>Carretera de Primera Clase</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2001 < IMDA < 4000 veh/día • Una calzada. • Dos carriles de 3.60 m cada uno como minimo. • Pavimentada 	 <p>Trocha Carrozable</p> <ul style="list-style-type: none"> • IMDA < 200 veh/día • Calzada de 4.00 m como min. • Ensanches, por lo menos de 500m

Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Clasificación por orografía

También se clasifican en función a la orografía predominante del terreno.

Cuadro 2: Clasificación de carreteras por Orografía

 <p>Terreno Plano</p> <ul style="list-style-type: none">• Pendientes transversales menor o igual al 10%• Pendientes longitudinales menor a 3%	 <p>Terreno Accidentado</p> <ul style="list-style-type: none">• Pendientes transversales entre 51% y el 100%• Pendientes longitudinales entre 6% y 8%
 <p>Terreno ondulado</p> <ul style="list-style-type: none">• Pendientes transversales entre 11% y 50%• Pendientes longitudinales entre 3% y 6%	 <p>Terreno ondulado</p> <ul style="list-style-type: none">• Pendientes transversales superiores al 100%• Pendientes longitudinales superiores al 8%

Fuente: Elaboración propia

2.4. VEHÍCULO DE DISEÑO

La selección del vehículo de diseño también influye en los elementos geométricos de una carretera, por ejemplo, el ancho del vehículo incide en los anchos de carril, calzada, bermas y sobre ancho de la sección transversal, la distancia entre los ejes determina el ancho y los radios mínimos internos y externos de un carril y la relación de peso bruto total/potencia, guarda relación con el valor de las pendientes admisibles. (Manual DG, 2018)

2.5. VELOCIDAD DE DISEÑO

Se entiende por velocidad de diseño a la velocidad máxima con la que se garantiza seguridad y comodidad en un tramo de la carretera. Es necesario conocer tramos homogéneos que cumplan con los siguientes parámetros establecidos por el Manual de Carreteras DG-2018:

- Para una longitud mínima de tres kilómetros, la velocidad de diseño estará entre veinte y cincuenta kilómetros por hora.
- Para una longitud mínima de cuatro kilómetros, la velocidad de diseño estará entre sesenta y ciento veinte kilómetros por hora.
- La diferencia de la velocidad de diseño en tramos adyacentes, no debe ser mayor a veinte kilómetros por hora.

En el Cuadro 3 se observan los rangos de velocidad de diseño para tramos homogéneos según la clasificación de carreteras por demanda.

Cuadro 3: Rangos de la velocidad de diseño

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 DG-2018

2.6. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

- Distancia de visibilidad de parada

Es la distancia mínima que se necesita para el vehículo que se encuentra con una determinada velocidad se detenga antes de chocar a cualquier objeto en su camino. Se obtiene de dos formas, con la siguiente fórmula y de manera gráfica (ver Tabla 1): (Manual DG, 2018)

$$D_p = \frac{V * t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)} \quad (5)$$

Donde:

- Dp : Distancia de parada (m)
- V : Velocidad de diseño (km/h)
- Tp : Tiempo de percepción + reacción (s)
- f : Coeficiente de fricción, pavimento húmedo. (ver Tabla 2)
- i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)
- +i : Subidas respecto al sentido de circulación
- i : Bajadas respecto al sentido de circulación

Tabla 1: Distancia de visibilidad de parada con pendiente

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 DG-2018

Tabla 2: Coeficiente de fricción, pavimento húmedo

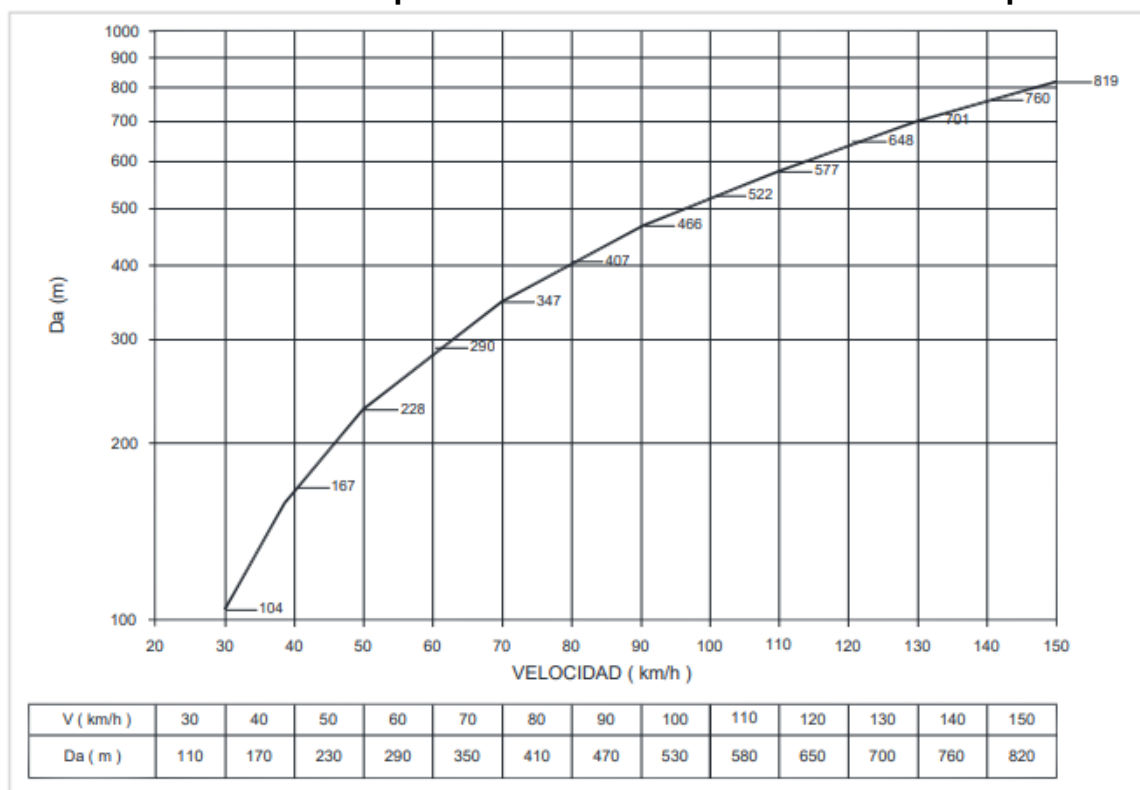
Design Speed (km/h)	Assumed Speed for Condition (km/h)	Brake Reaction		Coefficient of Friction ^a f	Breaking Distance on Level (m)	Stopping Sight Distance for Design (m)
		Time (s)	Distance (m)			
30	30-30	2.5	20.8-20.8	0.40	8.8-8.8	29.6-29.6
40	40-40	2.5	27.8-27.8	0.38	16.6-16.6	44.4-44.4
50	47-50	2.5	32.6-34.7	0.35	24.8-28.1	57.4-62.8
60	55-60	2.5	38.2-41.7	0.33	36.1-42.9	74.3-84.6
70	63-70	2.5	43.7-48.6	0.31	50.4-62.2	94.1-110.8
80	70-80	2.5	48.6-55.5	0.30	64.2-83.9	112.8-139.4
90	77-90	2.5	53.5-62.5	0.30	77.7-106.2	131.2-168.7
100	85-100	2.5	59.0-69.4	0.29	98.0-135.6	157.0-205.0
110	91-110	2.5	63.2-76.4	0.28	116.3-170.0	179.5-246.4
120	98-120	2.5	68.0-83.3	0.28	134.9-202.3	202.9-285.6

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

- *Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento*

Es la distancia mínima para que un vehículo sobrepase a otro que transita con una menor velocidad, sin perjudicar la comodidad del vehículo que viene en sentido contrario y en el otro carril. La distancia entre un vehículo líder y un seguidor debe ser por lo menos 15 km/h. Se halla mediante el siguiente gráfico. (Manual DG, 2018)

Gráfico 2: Gráfica para hallar la distancia de visibilidad de paso



Fuente: Manual de carreteras DG-2018

2.7. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Es el trazo longitudinal de la vía que se encuentra constituido por curvas circulares que pueden tener un grado de curvatura variable para una transición suave en el trazo. (Manual DG, 2018).

- Radios mínimos

Son los radios de menor medida que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y una tasa máxima de peralte. Para el cálculo se utiliza la siguiente fórmula: (Manual DG, 2018)

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(P_{m\acute{a}x.} + f_{m\acute{a}x.})} \quad (6)$$

Donde:

Rmín : Radio mínimo

V : Velocidad de diseño (km/h)

Pmáx : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno) (ver Tabla 3)

f_{máx} : Coeficiente de fricción máximo asociado a V (ver Tabla 4)

Tabla 3: 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 DG-2018

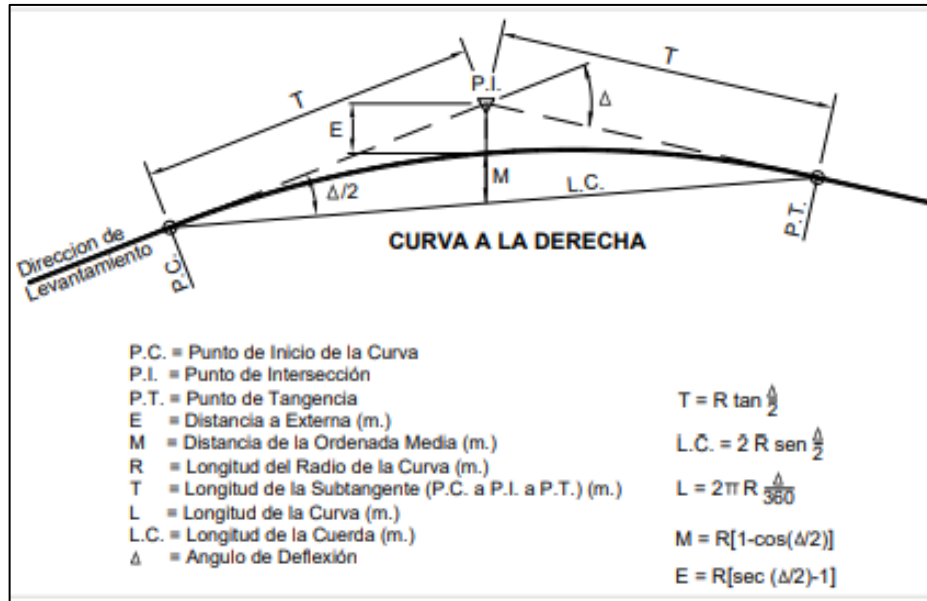
Tabla 4: Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad de diseño Km/h	f _{máx}
30 (ó menos)	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: Manual DG-2018

- Elementos de la curva circular:

Gráfico 3: Simbología de la curva circular

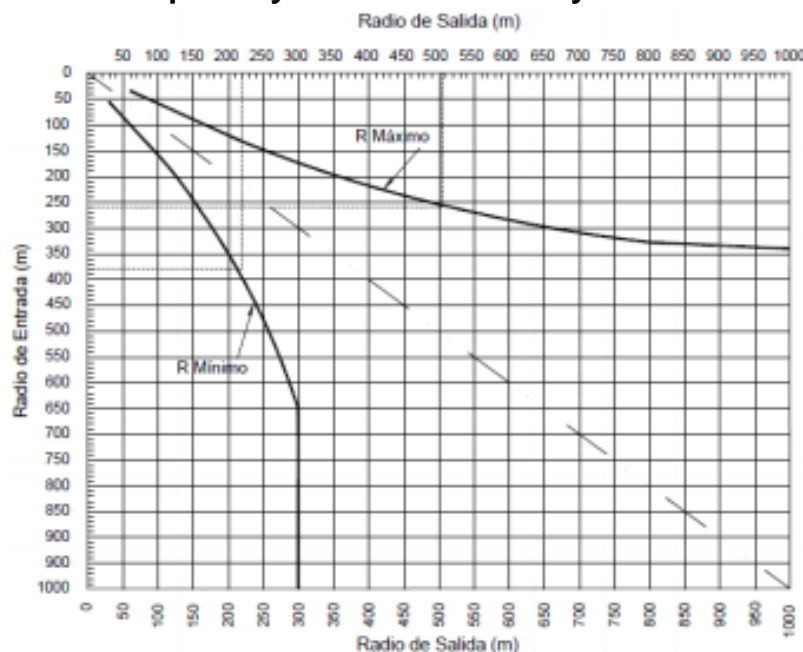


Fuente: Manual de carreteras DG-2018

- Coordinación entre curvas circulares

Existe cuando se enlazan dos curvas circulares consecutivas sin tangente intermedia, o con tangente menor o igual a 200 m. Los radios de estas curvas no deben ser mayores a los que se muestran en el Gráfico 4.

Gráfico 4: Coordinación entre curvas circulares para autopistas y carreteras de 2da y 3era clase.

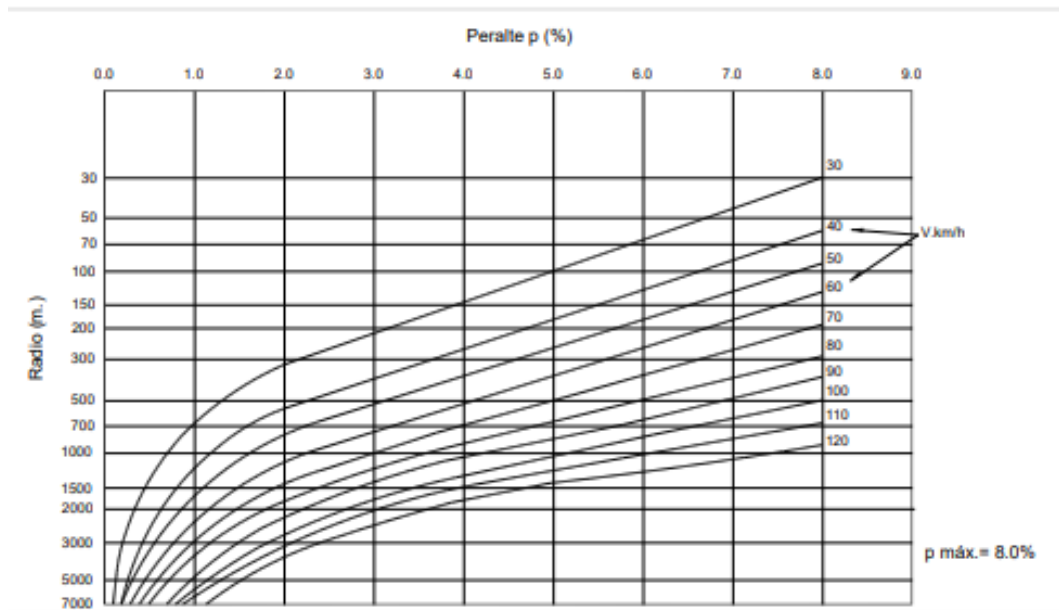


Fuente: Manual de carreteras DG-2018

- **Peralte de curvas**

El peralte se asigna respecto al radio de las curvas del trazo diseñado. El manual DG-2018 establece el peralte máximo según la orografía y/o las características climatológicas. (ver Gráfico 5).

Gráfico 5: Peralte en zona rural (Tipo 1; 2 o 3)



Fuente: Manual de carreteras DG-2018

Para pasar de una sección en tangente a una sección en curva, se necesita cambiar la pendiente de la calzada, es decir del bombeo al peralte que le corresponde a la curva. Cuando no exista curva de transición, el peralte se desarrolla en una parte de la tangente y otra en la curva, según las siguientes proporciones.

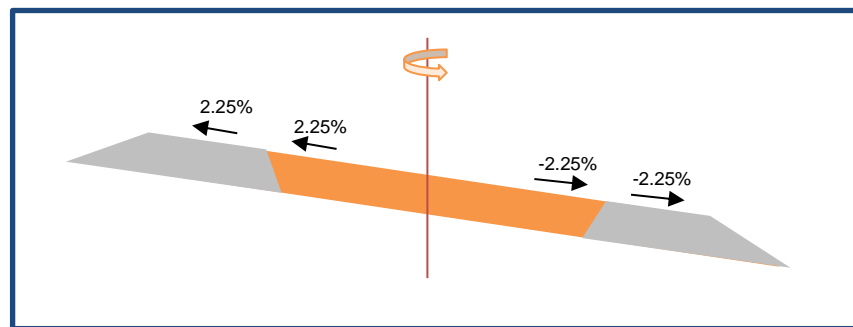
Tabla 5: Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente

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

Fuente: Manual de carreteras DG-2018

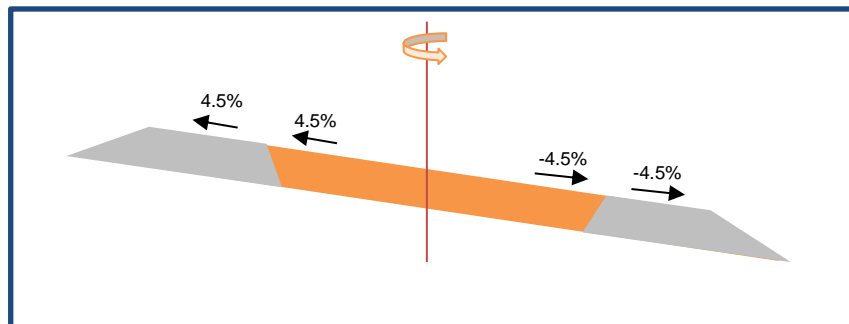
Esta tabla indica que si el peralte para la curva es menor o igual a 4.5% el 50% del peralte se desarrollará en el tramo de la tangente y el otro 50% se desarrollará en la curva. Quiere decir que en el inicio de la curva el peralte será el 50% de 4.5%, que es 2.25% (ver Figura 1) hasta llegar al Inicio de Peralte Máximo donde la pendiente en el carril exterior es positiva y en el interior negativa. (ver Figura 2)

Figura 1: Inicio de curva circular (PC)



Fuente: Elaboración propia

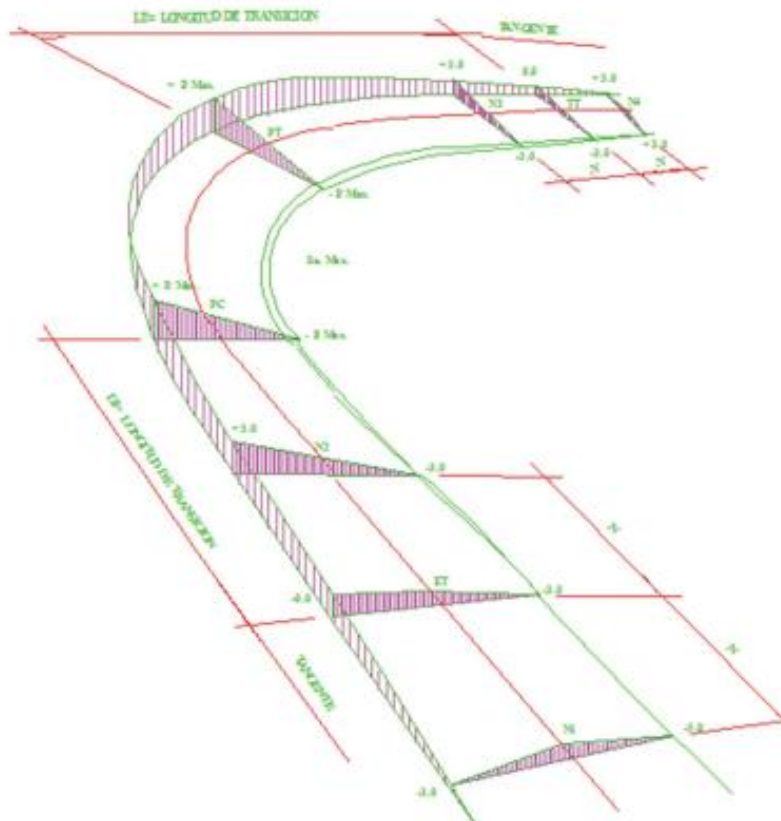
Figura 2: Inicio de peralte máximo (PC)



Fuente: Elaboración propia

La Figura 3 ilustra la transición simple del peralte y el sobre ancho en una curva circular.

Figura 3: Longitud de transición



Fuente: Leclair,2014

La longitud mínima de transición para dar el peralte se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$L_{min} = \frac{P_f - P_i}{ip_{max}} * B \quad (7)$$

Donde:

- Pf : Peralte final
- Pi : Peralte inicial
- B : Ancho de carril

$$ip_{max} = 1.8 - 0.01V$$

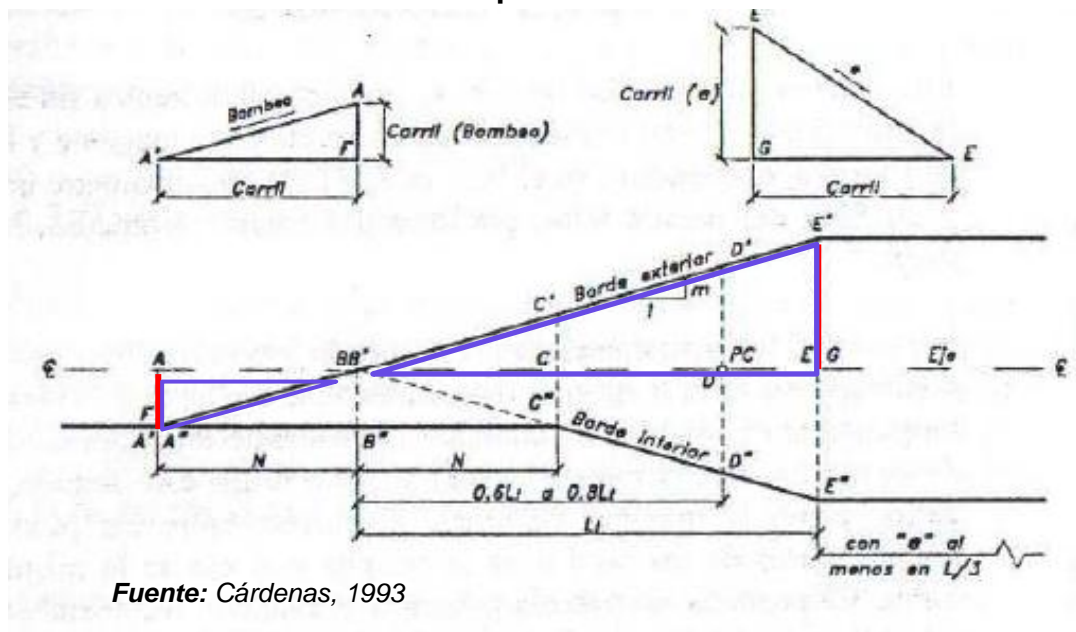
La longitud de transición del peralte **Ltp** en una curva circular, empieza a desarrollarse antes del inicio de curva y llega a su máximo valor un poco después del inicio de curva. Según la norma una vez alcanzado el peralte total, este debe mantenerse en la curva en una extensión $V/3.6$ metros. De preferencia evitar este valor que es demasiado pequeño. (Manual DG, 2018)

“Por simplicidad se considera desde aquella sección transversal donde el carril exterior se encuentra a nivel o no tiene bombeo, hasta aquella sección donde la calzada tiene su peralte completo” (Cárdenas Grisales, 1993)

La longitud antes de dar inicio a la Longitud de Transición de Peralte se le conoce como longitud de aplanamiento (N), que es la distancia suficiente para que el carril exterior pierda su bombeo o en otras palabras se aplane. Para hallar este parámetro se realiza una relación de triángulos.

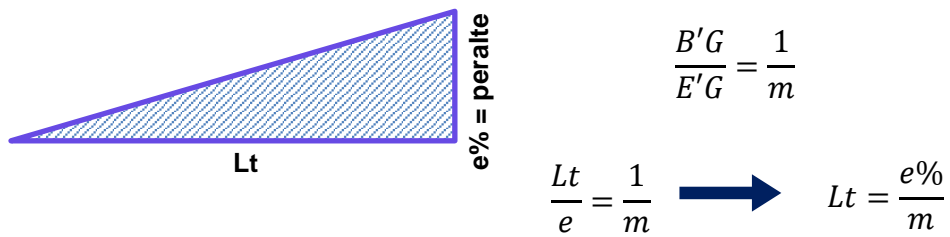
En la Gráfico 6 se puede observar las secciones y el perfil parcial que permite realizar la relación de triángulos.

Gráfico 6: Secciones transversales y perfil parcial de la Transición de peralte

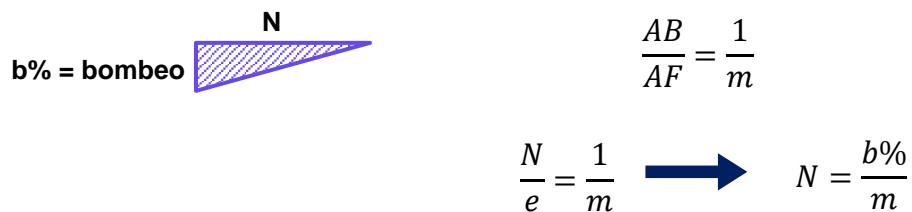


Fuente: Cárdenas, 1993

Del triángulo B'E'G se tiene lo siguiente:



Del triángulo AFB se tiene lo siguiente:



Donde “m” es la máxima diferencia algebraica entre las pendientes longitudinales de los bordes de la calzada y el eje de la misma.

- **Bombeo**

Inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales (Manual DG, 2018)

Tabla 6: Valores de 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 DG-2018

- **Curva de Transición**

El diseño de curvas de transición está determinado por el Radio y la velocidad de proyecto, ya que cuánto menor es el radio de la curva circular y mayor la velocidad, será necesario hacer uso de estas curvas. La ecuación de la curva de transición corresponde a la ecuación de la clotoide o espiral de Euler:

$$A^2 = R * L \quad (8)$$

Donde:

- A : Parámetro de la espiral
- R : Radio de curvatura de la espiral en un punto de la espiral
- L : Longitud desde el origen hasta dicho punto

Aunque las curvas permiten una mejor transición no siempre son necesarias para curvas de radios grandes, ya que, al ser curvas amplias, permiten al vehículo tener una trayectoria circular y que no experimente cambios bruscos de dirección. (Ver Tabla 7 y 8)

Tabla 7: Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición

V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

Fuente: Manual de carreteras DG-2018

Tabla 8: Radios que permiten prescindir de la curva de transición en carreteras de tercera clase

Velocidad de diseño Km/h	Radio M
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210
70	290
80	380
90	480

Fuente: Manual de carreteras DG-2018

- Sobreanchos

La necesidad de proporcionar sobreancho en una calzada, se debe a la extensión de la trayectoria de los vehículos y a la mayor dificultad en mantener el vehículo dentro del carril en tramos curvos. (Manual DG, 2018)

Con el fin de disponer de un alineamiento continuo en los bordes de la calzada, el sobreebanco debe desarrollarse gradualmente a la entrada y salida de las curvas.

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (9)$$

Donde:

Sa : Sobreebanco

N : Número de carriles

R : Radio de la curva (m)

L : Longitud del vehículo de diseño medido entre el último eje y la parte frontal del vehículo (m)

V : Velocidad de diseño (Kph)

*Se recomienda redondear los resultados a múltiplos de 10 cm.

2.8. ALINEAMIENTO VERTICAL

Se construye a partir del relieve del terreno, aquí se forman curvas que pueden ser convexas o cóncavas. Se constituye por varias rectas enlazadas con curvas parabólicas. (Manual DG, 2018).

- Curvas verticales

Están definidas por un parámetro de curvatura K, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal (m), para cada 1% de variación de pendiente, y estas pueden ser cóncavas o convexas:

$$K = \frac{L}{A} \quad (10)$$

Dónde

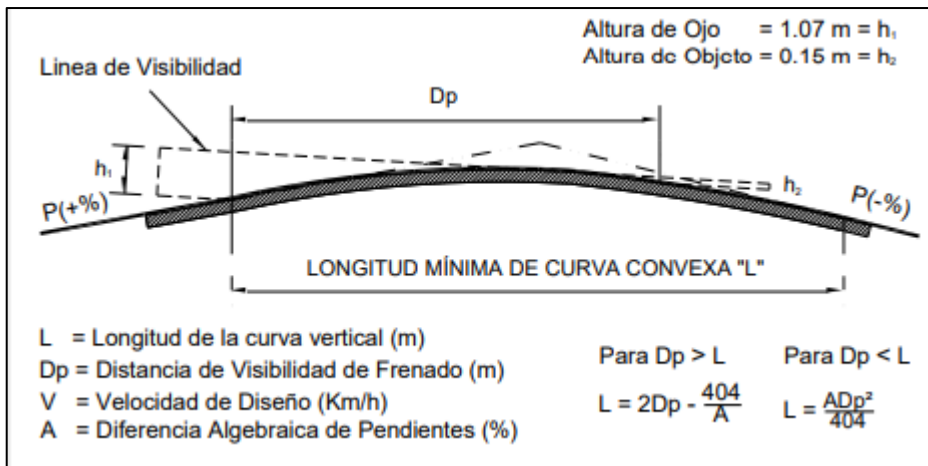
K : Parámetro de curvatura

L : Longitud de la curva vertical

A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

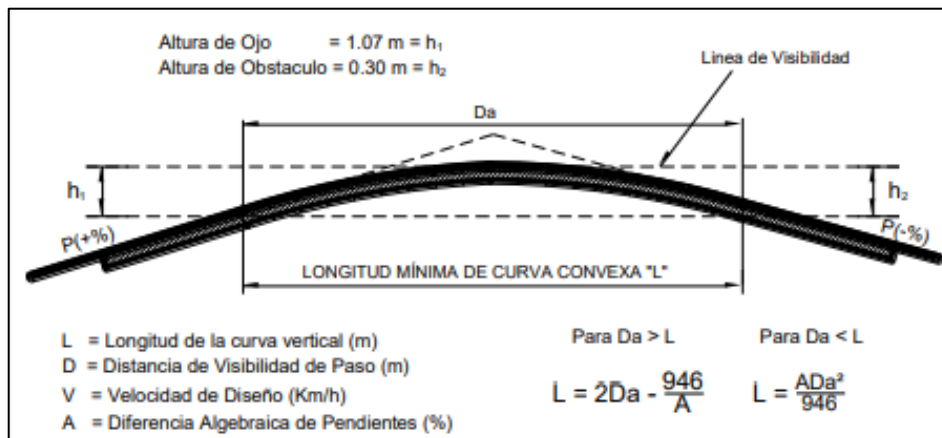
Para determinar la longitud de las curvas verticales convexas (ver Gráficos 7 y 8) y cóncavas (ver Gráfico 9) se realizan las siguientes fórmulas:

Gráfico 7: Longitud mínima de curva vertical para contar con Dp



Fuente: Manual de carreteras DG-2018

Gráfico 8: Longitud mínima de curva vertical para contar con Da



Fuente: Manual de carreteras DG-2018

Es conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en el Tabla 9

Tabla 9: Pendientes Máximas (%)

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

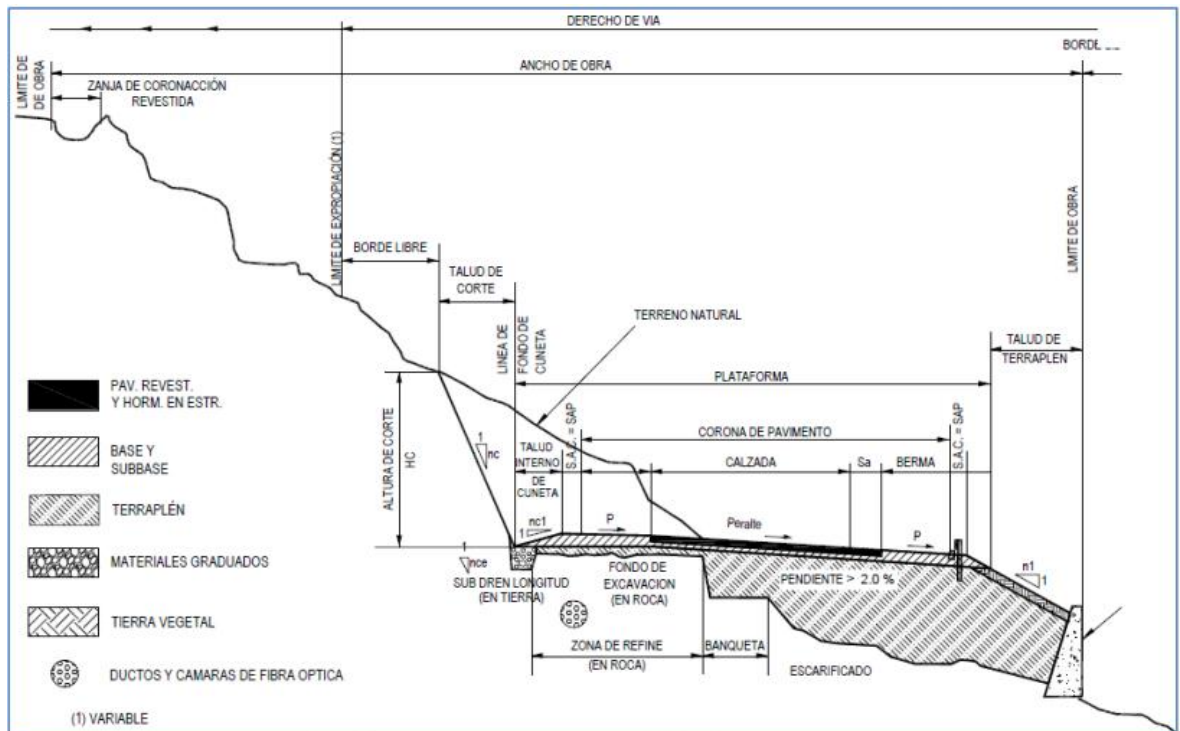
Fuente: Manual de carreteras DG-2018

2.9. SECCIÓN TRANSVERSAL

Es el diseño de los elementos de la carretera en un plano a nivel de corte vertical y permite conocer las dimensiones de los 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 (barreras de seguridad, ductos y cámaras para fibra óptica, guardavías y otros), 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”. (Manual DG, 2018).

Figura 4: Sección Transversal típica de una carretera de 3era clase



Fuente: Manual de carreteras DG - 2018

2.10. ESTUDIO DE SUELOS

2.10.1. EL SUELO COMO MATERIAL

El suelo es el material de construcción más abundante del mundo y en muchas zonas constituye, de hecho, el único material disponible. Desde el periodo neolítico, la tierra se ha utilizado para la construcción de monumentos, tumbas, viviendas, estructuras para retención de agua y vías de comunicación. (WHITMAN, 2004)

2.10.2. ESTUDIO DE SUELO

El estudio de mecánica de suelos siendo uno de los más importantes es el que usaremos para el diseño del pavimento, debido a que la subrasante resulta ser el terreno de fundación sobre el cual se proyecta construir el pavimento y por ende debe reunir los parámetros de calidad y resistencia en los materiales que les formarán.

En una carretera por lo general el material del terreno de fundación es tierra, por lo cual se debe tener mucho cuidado al obtener los datos para su procesamiento en el laboratorio de mecánica de suelos.

El objetivo principal, resulta ser la investigación de los parámetros tales como las propiedades, calidad, resistencia, presión admisible de contacto del terreno de fundación, así como la identificación de canteras cercanas al área de estudio.

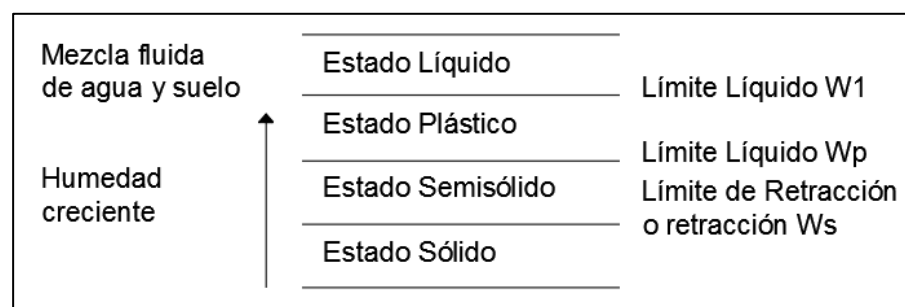
2.11. ENSAYOS DE LABORATORIO

2.11.1. LIMITES DE ATTERBERG

El material que tiene la posibilidad de presentarse en varios estados es el suelo, dependiendo de su contenido de humedad.

Mientras mayor sea la cantidad de agua que contenga un suelo, menor sería la interacción entre partículas adyacentes y más se acercará el suelo en su comportamiento a un líquido; en el siguiente gráfico se explicará el este proceso.

Gráfico 10: Estados del Suelo



Fuente: Elaboración propia.

Los estados del suelo están dados en los límites de retracción o contracción y son:

- Límite plástico
- Límite líquido
- Índice de plasticidad.

- LÍMITE PLÁSTICO (ASTMD – 424)

Se lo define según la norma como el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Su expresión es en porcentaje de humedad, con una cifra decimal.

El límite plástico también se ha definido como el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico. (BOWLES, 1988)

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \quad (11)$$

- LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D – 423)

Se define según norma como el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando este se encuentra en el límite entre el estado plástico y estado líquido.

También se determina el límite líquido como el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un fluido viscoso. (BOWLES, 1988)

$$\text{Límite Líquido} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \quad (12)$$

ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Se puede expresar a través de la ecuación de restar del límite líquido (WL) y el límite plástico (Wp) y señala el margen de humedades dentro del cual un suelo tiene comportamiento plástico. (BOWLES, 1988)

$$IP = WL - Wp \quad (13)$$

2.11.2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D – 421)

También se le denomina análisis mecánico por tamizado y consiste en hallar los porcentajes de piedra, grava, limo y arcilla que hay en una determinada masa del suelo.

Evidentemente para obtener un resultado significativo la muestra tiene que ser estadísticamente representativa de la masa de suelo, se realiza un cuarteo y recuarteo de la muestra en el lugar de origen, entonces como como no es posible obtener físicamente el tamaño real de cada partícula, el proceso es solo agrupar los materiales por rangos de tamaño, los cuales serán aquellos que pasen por un tamiz con una determinada malla y retenidos en el siguiente tamiz con una malla mucho más pequeña. (BOWLES, 1988)

2.11.3. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D – 1557)

Con el desarrollo de rodillos pesados y su uso en la compactación en campo, la prueba Proctor estándar fue modificada para representar mejor las condiciones de campo. Esto se refiere a veces como la prueba Proctor modificada se utiliza el mismo molde, con un volumen de 943.3 cm³, como en el caso de la prueba Proctor estándar. Sin embargo, el suelo es compactado en cinco capas por un martillo para cada capa se mantiene en 25, como en el caso de la prueba Proctor estándar. (DAS, 2013)

Debido a que el esfuerzo de compactación aumenta, los resultados de la prueba Proctor modificada resulta en un aumento del peso unitario seco máximo de suelo. El aumento del peso unitario seco

máximo se acompaña de una disminución del contenido de humedad óptimo. En las discusiones anteriores, las especificaciones dadas para las pruebas Proctor adoptadas por ASTM y AASHTO sobre el volumen del molde (943.3 cm³) y el número de golpes (25 golpes/capa) son generalmente las adoptadas para los suelos de grano fino que pasan el tamiz núm. 4. Sin embargo, en cada designación de prueba los tres diferentes métodos sugeridos reflejan el tamaño del molde, el número de golpes por capa y el tamaño máximo de las partículas en un agregado de suelo usado para la prueba. (DAS, 2013)

2.11.4. ENSAYO DE C.B.R (AASHTO T 180 – D)

Conocido como Relación de Soporte de California (California Bearing Ratio), es un ensayo el cual mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. Dicho método de prueba se usa en la evaluación de la resistencia potencial de materiales para subrasante, subbase y base, también se incluye materiales reciclados para emplear en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje. El valor de CBR que se obtiene en esta prueba viene a formar parte de integral de algunos métodos de diseño para pavimentos flexibles.

El número CBR es obtenido como la relación de la carga unitaria en Kilos/cm² (libras por pulgadas cuadrada, (psi)) necesaria para lograr una determinada profundidad de penetración del pistón en una muestra estándar de material triturada, se expresa con la siguiente ecuación.

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo} \times 100}{\text{Carga unitaria patrón}} \quad (14)$$

Este ensayo de CBR es utilizado para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente usados como bases y subrasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropuertos, a continuación, presentamos una clasificación típica.

Tabla 10: Clasificación típica de valores de CBR

CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			UNIFICADO	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub - base	OL, CL, ML, SC SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base subbase	GM, GC, W, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Fuente: Elaboración propia.

2.12. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

2.12.1. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145). (DAS, 2013)

De acuerdo con este sistema el suelo se clasifica en siete grupos principales: A-1 a A-7. Los suelos que clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz núm. 200. Los suelos donde más de 35% pasa a través del tamiz núm. 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos son principalmente limo y materiales del tipo de arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios: (DAS, 2013).

1. Tamaño de grano

Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz núm. 10 (2 mm).

Arena: fracción que pasa el tamiz núm. 10 (2 mm) y es retenida en el tamiz núm. 200 (0.0075).

Limo y arcilla: fracción que pasa el tamiz núm. 200

2. Plasticidad: el término limoso se aplica cuando las fracciones finas del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menos. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones finas tienen un índice de plasticidad de 11 o más.

3. Si se encuentran cantos y guijarros (tamaño mayor a 75 mm), se excluyen de la porción de la muestra de suelo en el que se hizo la clasificación. Sin embargo, se registra el porcentaje de este tipo de material.

El sistema de clasificación AASHTO utilizado actualmente se muestra en el **Cuadro 4**.

Cuadro 4: Sistema de clasificación AASHTO

Tabla 2.4 Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)						
Clasificación de grupo	A-1			A-2			
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
No. 10	50 máx.						
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos							
	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Tasa general de los subrasantes							
	De excelente a bueno						
Materiales limo-arcilla (más del 35% de la muestra que pasa la malla No. 200)							
Clasificación general					A-7 A-7-5* A-7-6†		
Clasificación de grupo	A-4		A-5	A-6			
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)							
No. 10							
No. 40							
No. 200		36 mín.	36 mín.	36 mín.			36 mín.
Características de la fracción que pasa por la malla No. 40							
Límite líquido		40 máx.	41 mín.	40 máx.			41 mín.
Índice de plasticidad		10 máx.	10 máx.	11 mín.			11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos							
		Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Tasa general de los sobrantes							
	De mediano a pobre						
*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$							
†Para A-7-6, $PI > LL - 30$							

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Braja M. Das.

2.12.2.SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO

La forma original de este sistema fue propuesta por Casagrande en 1948 para su uso en los trabajos de construcción del aeródromo realizado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En la actualidad, es ampliamente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487). El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en el **Cuadro 5** y clasifica los suelos en dos grandes categorías: (DAS, 2013)

1. Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S. G es para el suelo de grava y S para la arena o suelo arenoso.
2. Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

Otros Símbolos que también se utilizan para la clasificación son:

- W: bien clasificado
- P: mal clasificado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50)

Cuadro 5: Sistema unificado de clasificación de suelo

Tabla 2.6 Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos.

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12); o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Tabla 2.7 Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 7$; se grafica sobre o arriba de la línea A (véase zona CL en la figura 2.12)
ML	Inorgánico; $LL < 50$; $PI < 4$; o se grafica debajo de la línea A (véase la zona ML en la figura 2.12)
OL	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL < 50$ (véase zona OL en la figura 2.12)
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica sobre o arriba de la línea A (véase la zona CH en la figura 2.12)
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica debajo de la línea A (véase la zona MH en la figura 2.12)
OH	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL \geq 50$ (véase zona OH en la figura 2.12)
CL-ML	Inorgánico; se grafica en la zona sombreada en la figura 2.12
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica – Braja M. Das.

2.13. SEÑALIZACIÓN VIAL

Las señales están contenidas en los dispositivos de control de tránsito, creados con la finalidad de prevenir, regular y guiar a los usuarios, estos dispositivos deben cumplir con los siguientes requerimientos: (Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 2007)

- Satisfacer una necesidad
- Llamar la atención
- Transmitir un mensaje simple y claro
- Imponer respeto a los usuarios de las calles y carreteras
- Estar en el lugar apropiado con el fin de dar tiempo para reaccionar

2.13.1.METODOLOGÍA DE DISEÑO

A continuación, se describe la metodología que se utilizará para el diseño de señalización de la vía:

- Inspección de campo: Se realiza con el objetivo de observar con mayor detalle el medio físico donde se desarrolla la vía y las zonas que sin considerarse puntos negros han merecido la atención del caso.
- Identificación de factores que contribuyen a crear inseguridad en el tráfico: Se realiza con la finalidad de evaluar los sectores que representen riesgo o inseguridad vial y las condiciones de tránsito bajo las cuales se desenvolverán los usuarios de la vía.
- Elaboración del estudio: La uniformidad en el diseño en cuanto a forma, colores, dimensiones, leyendas, símbolos; es fundamental para que el mensaje sea fácil y claramente recibido por el usuario. Con sustento técnico normativo en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras del MTC, aprobado según Resolución Ministerial N°038-2016-MTC/14.04 de fecha 24 de mayo del 2016.

2.13.2.SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO VERTICAL

Las señales existentes en todo el recorrido de una carretera tienen tres principales propósitos: regular, prevenir, informar.

- **SEÑALES REGLAMENTARIAS**

Tienen por objeto notificar a los usuarios, las limitaciones, restricciones, prohibiciones y/o autorizaciones existentes que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación a las disposiciones contenidas en el reglamento vigente. (Manual de Dispositivos de Control, 2016)

Figura 5: Mensajes en Señal R-27



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 6: Señales de prioridad



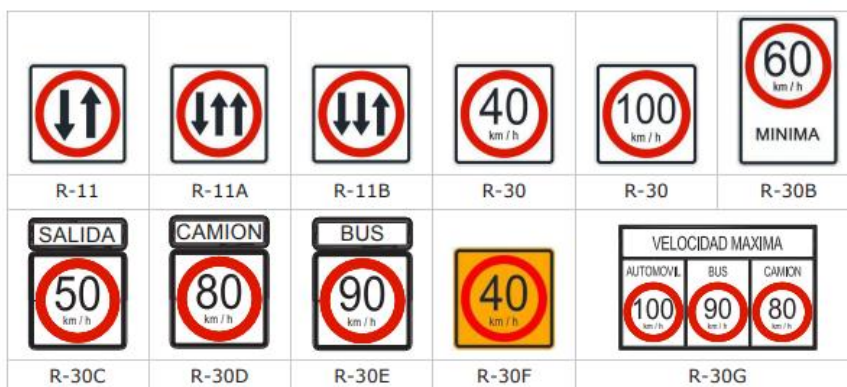
Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 7: Señales de prohibición de maniobras y giros



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 8: Señales de restricción

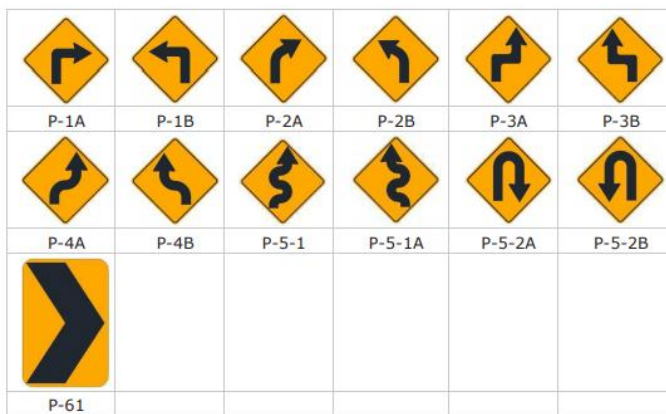


Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

- **SEÑALES PREVENTIVAS**

Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales ayudan a los conductores a tomar las precauciones del caso, por ejemplo, reduciendo la velocidad o realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la de otros vehículos y de los peatones. (Manual de Dispositivos de Control, 2016)

Figura 9: Señales preventivas – curvatura horizontal



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 10: Señales preventivas – pendiente longitudinal



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 11: Señales preventivas por características de la superficie de rodadura



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 12: Señales preventivas por restricciones físicas de la vía

					
P-17A	P-17B	P-17C	P-18A	P-18B	P-21
					
P-21A	P-21B	P-22C	P-62	P-38	P-39
					
P-60					

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

- **SEÑALES INFORMATIVAS**

Tienen la función de informar a los usuarios, sobre los principales puntos notables, lugares de interés turístico, arqueológicos e históricos existentes en la vía y su área de influencia y orientarlos y/o guiarlos para llegar a sus destinos y a los principales servicios generales, en la forma más directa posible. De ser necesario las indicadas señales se complementarán con señales preventivas y/o reguladoras. (Manual de Dispositivos de Control, 2016)

Figura 13: Ejemplos de señales de dirección



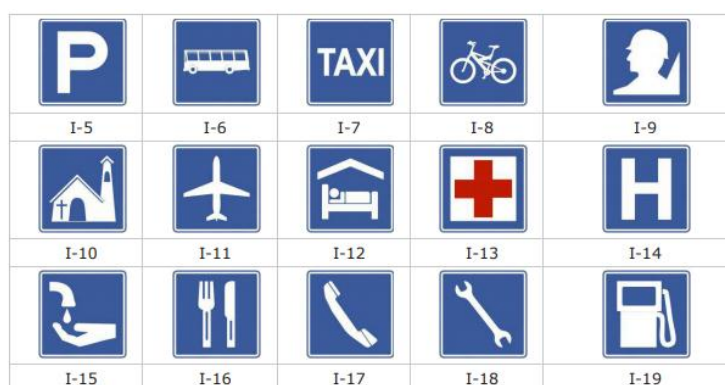
Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 14: Ejemplos de señales de dirección turística



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

Figura 15: Señales informativas de servicios generales



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

2.13.3. SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO HORIZONTAL

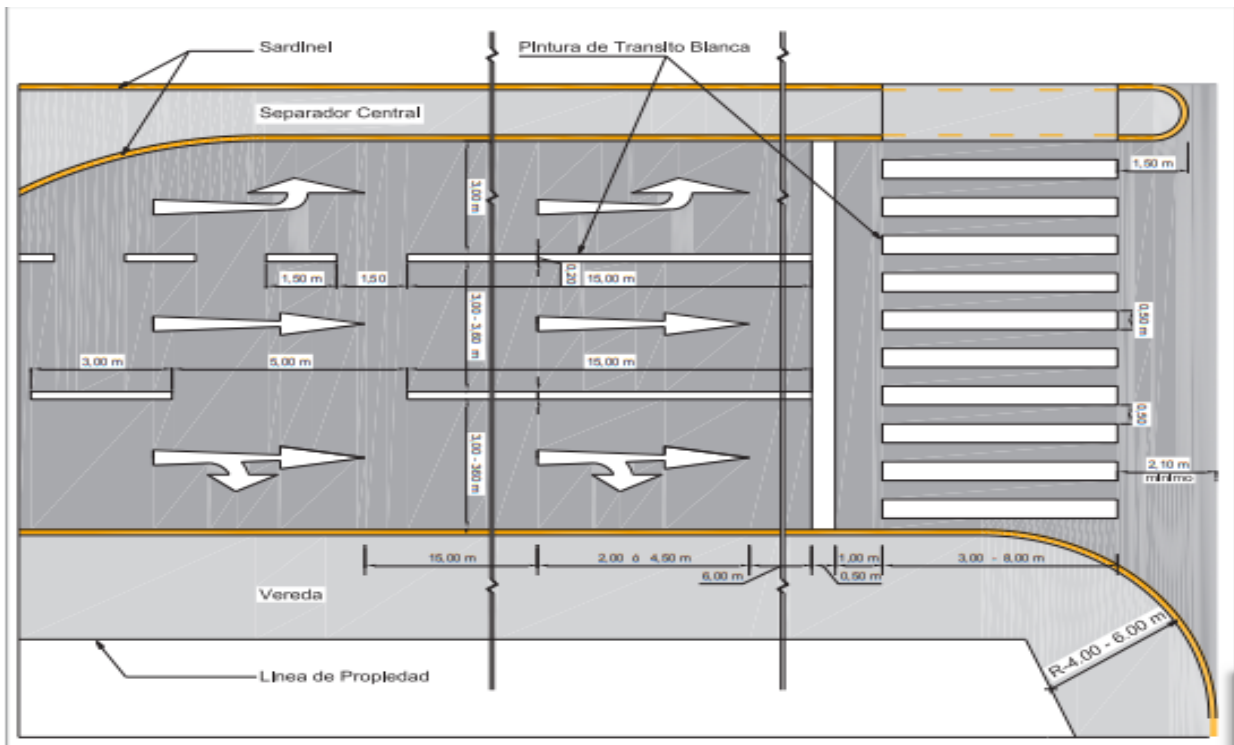
Se utilizan para guiar e informar al conductor y peatón que se encuentran en la carretera, indicándole los espacios y la forma de maniobrar (ver Figura 16). Una de sus principales características es la retroreflectancia, que permite que las señales puedan ser visualizadas en toda circunstancia. (Manual de Dispositivos de Control, 2016).

Clasificación:

- Línea de borde de calzada o superficie de rodadura
- Línea de carril
- Línea central
- Líneas demarcadoras de entradas y salidas
- Líneas de transición por reducción de carriles
- Línea de pare
- Líneas de cruce peatonal

- Demarcación de espacios para estacionamiento
- Demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta


Figura 16: Señalización de tránsito horizontal.



Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016

2.13.3.1. MARCAS ELEVADAS

Cuadro 6: Clasificación de marcas elevadas

Tipo de Delineador	Características físicas	Finalidad
Delineadores de piso	Tachas bidireccionales reflectivas 	Hechas de material retroreflectivo para que se puedan observar en cualquier momento. Se instalan en el lado derecho a 0.05 m, de las demarcaciones planas continuas.
Delineadores elevados	Postes Delineadores 	La altura del material retroreflectivo debe ser constante en todos y puede variar entre 0.90 m – 1.20 m para vías rurales. Estas están hechas de plástica, fibra de vidrio, concreto, etc.
	Hitos kilométricos 	Sirven para conocer la distancia de la vía. “Se colocan cada un kilómetro. Los números impares se colocan a lado izquierdo y tiene 1.20 m de altura con sección rectangular de 50cm ² .”
	Delineador de curva horizontal. 	Es un conjunto alineado de señales tipo “CHEVRON”, y se colocan en el lado exterior de la curva en forma perpendicular a la visual del conductor.

Fuente: Elaboración propia

2.14. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Diseñar un pavimento consiste básicamente en determinar los espesores de cada una de sus capas y lograr la mejor calidad resistiva de cada una de ellas, tratando de optimizar su transitabilidad su durabilidad y su economía. Desde el punto de vista estructural, el diseño debe contemplar que el pavimento, sea resistente y no sufra deformaciones permanentes.

Existen muchas metodologías para el diseño de un pavimento, cada país trata de tener su propia metodología en función a sus condiciones locales, tales como: clima, geografía, flujo vehicular, potencialidad económica, etc. Algunas de ellas son: el Método AID, CBR, Kansas, HVEEN, alemán, etc. En el Perú se usa el Método American Association State Highway and Transportation Officials, AASHTO – 93, el cual es un método empírico creado en EE.UU. Su traducción en español es, Asociación Oficial Americana de Carreteras y Transporte con sede en Palm Desert – California.

AASHTO – 93 es la metodología más empleada en la mayoría de países del orbe en materia de diseño de pavimentos, debido a que no solo considera las cargas vehiculares y condiciones de suelo, sino que también considera condiciones locales de clima, características de los materiales, coeficiente estructural y estrategias de gestión.

El método AASHTO – 93 para diseñar un pavimento flexible primero determina el número estructural del pavimento, utilizando los siguientes parámetros y el diagrama AASHTO.

- A. **Desviación std.** Es un factor de seguridad que se asume en el diseño a realizar.
- B. **Confiabilidad.** Se refiere al grado de seguridad de la información obtenida.
- C. **Módulo de Resiliencia** del suelo y su relación con el CBR de la subrasante.
- D. Carga vehicular representado por el EAL.
- E. Pérdida de **servicialidad** del pavimento desde su construcción inicial hasta el final de su vida útil.

Mediante estos parámetros y utilizando el diagrama AASHTO (ver en anexos), se determina el número estructural del pavimento, valor análogo al momento estructural en $C^{\circ} A^{\circ}$.

- F. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.
- G. Coeficiente estructural de la base del pavimento.

- H. Coeficiente estructural de la sub-base del pavimento.
- I. Coeficiente de drenaje de la base y la sub-base.

2.14.1.Desviación Estándar (So)

Es un parámetro que se emplea para los efectos de tomar las previsiones de seguridad ante las diferencias de comportamiento que se pudieran presentar entre las dimensiones de las capas del pavimento diseñado y los realmente ejecutados.

Para pavimentos flexibles la desviación estándar varía entre 0.40 – 0.50. Siendo el valor más bajo para una vía de mayor importancia, donde se espera que el dimensionamiento de las capas ejecutadas coincida con las del diseño. Y el valor más alto, por el contrario, se aplicaría en vías de menor importancia relativa.

2.14.2.Confiabilidad (R)

Con el parámetro “R”, se trata de definir el grado de confianza que merece la información recibida para realizar el diseño del pavimento, por ejemplo: Cuan confiable es el levantamiento topográfico realizado o cuan confiable viene a ser los estudios de Mecánica de Suelos o la determinación del EAL de diseño.

Para el efecto se tiene los rangos de confiabilidad que se requiere tener, en función de la importancia de las vías que serán motivo de diseño:

Tabla 11: Rangos de Confiabilidad

Autopistas	80 al 95 % de confiabilidad.
Carreteras interregionales	70 al 90 % de confiabilidad
Avenidas principales	65 al 85 % de confiabilidad
Red local urbana	50 al 75 % de confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

2.14.3.Módulo de Resiliencia

Es un valor de la capacidad de soporte del Terreno de la subrasante. Consiste en aplicar mediante un instrumento especial cargas sobre la

superficie de la subrasante y hasta obtener un asentamiento determinado.

Es un procedimiento diferente del CBR. Sin embargo, existe entre ambos una correlación de equivalencia.

EQUIVALENCIA DEL CBR EN RELACION AL MODULO DE RESILENCIA DE LOS SUELOS

$$MR(PSI) = 1,500 * CBR \text{ (Para valores de CBR menores al 7.20\%)}$$

$$MR(PSI) = 3000 * CBR \text{ (Para valores de CBR entre 7.2 \% al 20\%)}$$

2.14.4. Servicialidad del Pavimento

Determina el grado de comportamiento, CONFORT y capacidad de servicio del pavimento. Su valoración relativa se le califica de 1 a 5.

Tabla 12: Grado de servicialidad del pavimento

4 – 5	Excelente
3 – 4	Bueno
2 – 3	Regular
2	Malo
1	Intransitable

Fuente: Elaboración propia

PERDIDA DE SERVICIO DEL PAVIMENTO: Corresponde a la diferencia entre el índice de Servicio Inicial y Final del pavimento.

VALORES APROXIMADOS: Para un pavimento nuevo el Índice de servicialidad se estima entre 4.5 a 4. En tanto que el Índice de servicialidad para un pavimento que ya ha llegado al término de vida útil, se estima en 1.5 a 2.

Consecuentemente la Pérdida de servicialidad, a un nivel aceptable de servicio de la vía, es del orden del 2 a 2.5

2.14.5. Número Estructural del Pavimento

Viene a ser el número que expresa la resistencia del pavimento en función del valor de soporte del suelo, de la carga vehicular, del grado de servicialidad de la vía, del factor de Confiabilidad y seguridad que se quiere proporcionar al pavimento.

El número estructural se le denomina como **SN** structural number en inglés y **NE** en español. El cual se determina con la fórmula de la AASHTO. El valor que se obtenga se deberá comparar con la siguiente relación:

$$NE = a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot h_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot h_3 \cdot D_3$$

Dónde:

a_1 = Coeficiente estructural del cemento asfáltico a emplear.

h_1 = Espesor de la carpeta asfáltica

a_2 = Coeficiente estructural de la base.

h_2 = Espesor de la base

D_2 = Coeficiente de drenaje de la base.

a_3 = Coeficiente estructural de la sub-base

h_3 = Espesor de la sub-base

D_3 = Coeficiente de drenaje de la sub-base.

2.14.6. Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica (*para cada pulgada de espesor de la base*):

Se determina mediante la Estabilidad MARSHALL.

5000 Lbs. su coeficiente es	0,33
6000 Lbs. su coeficiente es	0,36
7000 Lbs. su coeficiente es	0,39
8000 Lbs. su coeficiente es	0,41
9000 Lbs. su coeficiente es	0,43
10000 Lbs. su coeficiente es	0,45

2.14.7. Coeficiente Estructural para la Base *(para cada pulgada de espesor de la base)*:

Valor del Coeficiente Estructural para Base Granular conformado mediante piedra chancada tiene los siguientes valores:

Para un valor de CBR del 40% su coef. Estructural es	0,110
Para un valor de CBR del 50% su coef. Estructural es	0,120
Para un valor de CBR del 60% su coef. Estructural es	0.125
Para un valor de CBR del 70% su coef. Estructural es	0,130
Para un valor de CBR del 80% su coef. Estructural es	0,135
Para un valor de CBR del 90% su coef. Estructural es	0.140
Para un valor de CBR del 100% su coef. Estructural es	0.145

2.14.8. Coeficiente Estructural para la Sub-base *(para cada pulgada de espesor de la sub-base)*:

El material debe ser el obtenido por trituración de piedras. Y de granulometría Granular.

Tabla 13: Coeficientes estructurales

CBR	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
10%	0.08
20%	0.09
30%	0.11
40%	0.12
50%	0.125
60%	0.13

Fuente: Elaboración propia

2.14.9. Coeficiente de drenaje

Parámetros para determinar el Coeficiente de Drenaje, Drenaje Agua eliminada en:

- **Excelente 2 horas**
- **Bueno 1 día**
- **Regular 1 semana**
- **Pobre 1 mes**
- **Malo (el agua no drena)**

El Coeficientes de Drenaje se determina en función de la Calidad de Drenaje y el Porcentaje de tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles cercanos a saturación.

Tabla 14: Coeficientes de drenaje

Calidad del drenaje	1%	1 a 5%	5 a 25%	25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Pobre	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Malo	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Fuente: Elaboración propia

DETERMINACION DE LOS ESPESORES RECOMENDABLES PARA CADA UNA DE LAS CAPAS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DESDE EL PUNTO DE VISTA EXPERIMENTAL.

Tabla 15: Espesores recomendables para pavimento flexible

EAL	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE	BASE CBR MÍNIMO 60%	SUBASE CBR MINIMO 30%
Hasta 1.5 millones	2"	8"	6"
De 1.5 a 2 millones	2.5"	10"	6"
De 2 a 3 millones	3"	10"	8"
De 3 a 4 millones	3.5"	12"	8"
De 4 a 5 millones	4"	12"	10"
De 5 a más Diseño y/o análisis especial.			

Fuente: Elaboración propia

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1. ACCESIBILIDAD

Se dice que el concepto de accesibilidad no posee una única y consensuada acepción, ya que es entendida en términos geométricos (cercanía-lejanía), económicos y sociales o también desde la perspectiva de facilidad con que un servicio puede ser alcanzado desde una localización. (Salado, 2004:21)

Otra definición para la accesibilidad podría ser como la facilidad con que se puede llegar a un sitio desde otras localidades. (Goodall, 1987)

Otro autor tiene una definición más amplia, como facilidad de acceso a oportunidades económicas y sociales. (Deichmann, 1997)

Naturalmente, cuanto mejor es la accesibilidad, más competitivos y por tanto más exitosos en términos de crecimiento económico son los territorios. (Linneker, 1997)

3.2. CLASIFICADOR DE RUTAS

Documento oficial del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), clasificadas en Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural. Incluye las carreteras existentes y en proyecto, el Código de Ruta y su definición según puntos o lugares principales que conecta. (Comunicaciones, 2019)

3.3. INGENIERÍA DE TRÁNSITO

La ingeniería de tránsito o ingeniería de tráfico, conceptualizada como la fase de la Ingeniería de Transporte que se ocupa de la planificación, diseño geométrico, y las operaciones de tráfico en calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras colindantes, y las relaciones con otros modos de transporte (Institute of Transportation Engineers, 2009, p. 1), ha permitido la caracterización del tráfico mediante la realización de estudios de ingeniería de tránsito (McShane y Roess, 1990; Jiménez y Quintero, 2007). Se han logrado establecer relaciones matemáticas basadas en modelos de regresión lineal, logarítmica y exponencial, entre el volumen de tránsito (flujo vehicular), la velocidad (específicamente velocidad

espacial) y la densidad. Dichos modelos han facilitado realizar pronósticos del comportamiento de cada variable respecto a las demás, así como identificar la afectación o influencia que tienen sobre estas, las características propias de algunos de los elementos del tránsito, como la vía, el vehículo y la señalización, y dispositivos de control de tráfico . En forma complementaria, se han estudiado las características físicas y geométricas de la infraestructura a través de la realización de inventarios. (Gonzales, 2017)

3.4. RED VIAL DEPARTAMENTAL

Son las carreteras circunscritas a un solo departamento o región, representadas por un emblema y codificadas con dos letras correspondiente al departamento (**ver Tabla 16**). (Comunicaciones, 2019)

Tabla 16: Red vial departamental del Perú

Región	Prefijo	Región	Prefijo
Amazonas	AM	Junín	JU
Áncash	AN	La Libertad	LI
Apurímac	AP	Lambayeque	LA
Arequipa	AR	Lima	LM
Ayacucho	AY	Loreto	LO
Cajamarca	CA	Madre de Dios	MD
Cusco	CU	Moquegua	MO
Huancavelica	HV	Pasco	PA
Huánuco	HU	Piura	PI
Ica	IC	San Martín	SM
Junín	JU	Tacna	TA
La Libertad	LI	Tumbes	TU
		Ucayali	UC

Fuente: Elaboración propia

3.5. RED VIAL NACIONAL

Se entiende como vía una infraestructura de transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Se constituye por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma.

La mayoría de las rutas están a cargo de PROVIAS, organismo descentralizado del mismo Ministerio que se encarga de mantener y ampliar las vías. Algunas rutas han sido concesionadas a empresas privadas para su construcción o mejoramiento y el mantenimiento respectivo por un determinado número de años según contrato suscrito con el Estado. (Comunicaciones, 2019)

3.6. TRANSPORTE O TRANSPORTACIÓN

El concepto de transporte se utiliza para describir al acto y consecuencia de trasladar algo de un lugar a otro. También permite nombrar a aquellos artilugios o vehículos que sirven para tal efecto, llevando individuos o mercaderías desde un determinado sitio hasta otro. (Loya, 2017)

4. HIPÓTESIS

La propuesta del diseño geométrico y señalización mejora la infraestructura vial de la ruta 107 Tramo: Bocapán – Suárez – Bocana de la red vial departamental Empalme PE-1N.

5. VARIABLES E INDICADORES

Tabla 17: Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS DE MEDICION
Infraestructura Vial (VI)	Es un sistema utilizado para el traslado de usuarios, y que se desarrolla bajo criterios de diseño (Comunicaciones, 2019).	Demanda Vehicular	IMDA	Veh/día	Manual de carreteras DG - 2018
			Clasificación de la carretera	Demanda u Orografía	
Diseño Geométrico (VD)	Es modelado de los elementos de una carretera que dependen de diferentes parámetros. (Hudiel, 2017)	Trazo del eje de la vía	Alineamiento	Intervalo (m)	Software
			Perfiles Longitudinales	Intervalo (Km)	
			Secciones Transversales	Intervalo (m2)	

Fuente: Elaboración propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Mediante la investigación se buscó una mejor propuesta de diseño geométrico y de señalización de la carretera Bocapán – Suárez – Bocana, por lo tanto, es del tipo Descriptivo. El nivel de investigación es correlacional porque se evaluó la relación que existe entre el diseño geométrico de la carretera y la infraestructura vial.

2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

2.1. Material

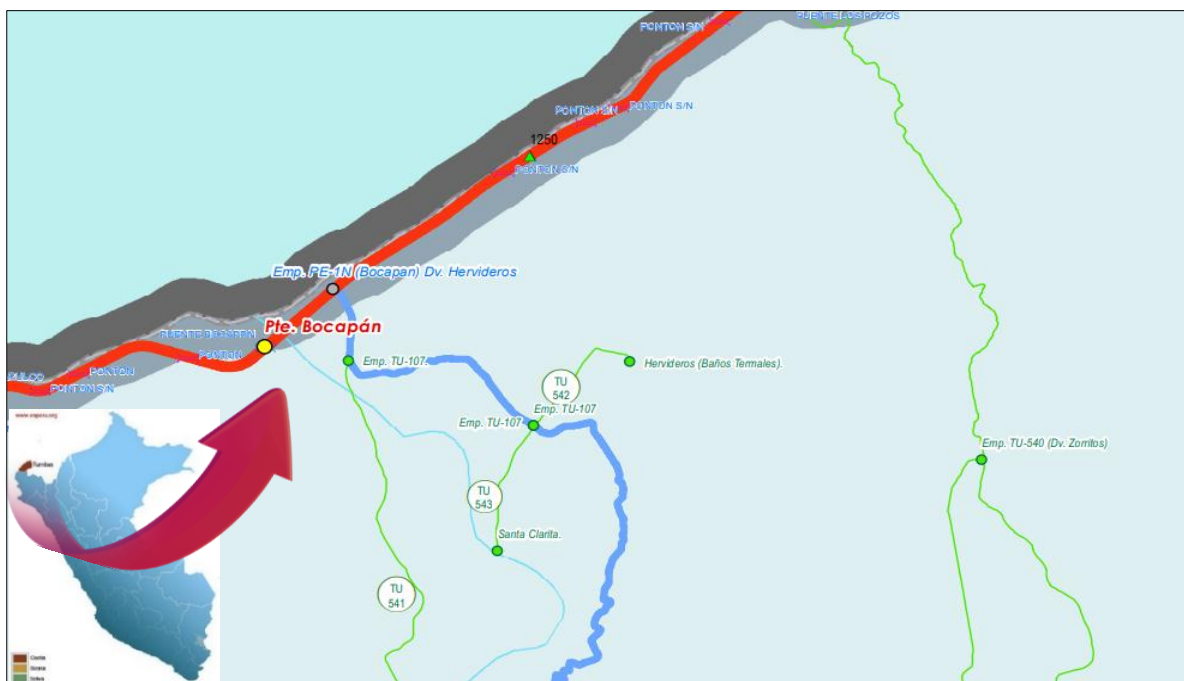
2.1.1. Población

Red Vial Departamental de Tumbes

2.1.2. Muestra

KM 0+000 – KM 4+039.44 de la Ruta 107 Tramo: Bocapán – Suárez – Bocana

Tabla 18: Localización del Tramo: Bocapán – Suárez - Bocana



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de Contrastación.

El grado de profundidad con que se aborda el fenómeno en estudio de la presente investigación será a nivel descriptivo, porque describirá las principales características de los elementos, como: el suelo, la geometría de la vía, el control de tráfico, los aforos peatonales y vehiculares.



Donde:

M: Representa el lugar donde se realizarán los estudios del proyecto y a la población beneficiada. (*KM 0+000 – KM 4+039.44 de la Ruta 107 Tramo: Bocapán – Suárez – Bocana*)

O: Representa la información que se recoge del proyecto de investigación de tesis. (*Diseño Geométrico y de señalización*)

4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. Técnicas

- Observación
- Recolección de datos
- Registro y procesamiento de datos

4.2. Instrumentos

- Notas de campo
- Cámara
- Equipos para análisis de suelos
- Software computacional: Civil 3D, Global Mapper
- Hojas de cálculo de Excel

5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

5.1. Procesamiento

Para fines de esta investigación se escogió el área de estudio según las deficiencias de la zona. Comprende los 4 km más críticos de la carretera y de los cuales se realizó el diseño geométrico y de señalización adecuado, bajo el siguiente procedimiento:

- a) Iniciamos con la visita al lugar de estudio, para observar y recolectar datos como: el estado actual de la carretera, el aforo vehicular, clasificado en veh. livianos, veh. pesados y por ejes, la fuente principal de economía y empresas de transporte.
- b) Se continuó con el estudio de tráfico y demanda, del cual se obtuvo el Índice Medio Diario Anual (IMDA) para los 20 años de vida útil de la carretera y el vehículo de diseño. Y el estudio de suelos, que fue realizado por la empresa SUELO MÁS E.I.R.L.
- c) Las curvas de nivel del área en estudio se generaron a través de imágenes satelitales que brinda el software Global Mapper.
- d) Con los datos del IMDA, estudio de suelos, características de terreno, aforo vehicular clasificado por eje, se procedió a realizar el diseño geométrico y señalización del área de estudio.

5.2. Análisis de datos

5.2.1. Diagnóstico de la vía existente

Se hicieron dos visitas de campo, que consistieron en realizar una evaluación de la carretera y en la obtención de muestras de suelo.

La carretera actual se encuentra a nivel de trocha carrozable, tiene un ancho de 6.00 m, y cuenta con afirmado. Además de la existencia de obras de arte (alcantarillas).

En la Ilustración 1 y 2 se observa el mal estado de la superficie de rodadura. Esto es lo que no permite una correcta transitabilidad y aumenta el tiempo de viaje. Y durante las épocas de lluvia pierde aún más su nivel de servicio.

Fotografía 1: Estado actual de capa de rodadura



Fuente: Propia

Fotografía 2: Ancho de calzada reducido



Fuente: Propia

Fotografía 3: Alcantarilla en mal estado y obstruida



Fuente: Propia

(a)



Fuente: Propia

(b)

En la ilustración 3 se muestra una de las alcantarillas, y es apreciable el deterioro de esta obra de arte.

5.2.2. Estudio de Tráfico y Demanda

Mediante el cual se puede determinar si la carretera es de primera, segunda o tercera clase. El conteo de vehículos se realizó durante 12 horas (7:00 am – 7:00 pm), los 7 días de la semana (7-14 abril). Cabe mencionar que el estudio se realizó durante la semana santa, lo que implica un volumen de vehículos mayor que el normal.

Así también el conteo se clasificó por tipo de vehículo (motocicleta, microbús, camión 2E, 3E, 4E, ómnibus urbano, etc. para el desarrollo del diseño de pavimento.

En el Tabla 18 se observa que el IMDA (factor de corrección: asumido) actual es de 106 veh/día. Para que la propuesta de un nuevo diseño sea funcional durante 20 años, debe conocerse la demanda

proyectada. Por ello se realizó una proyección a partir de la tasa de crecimiento poblacional y PBI de la región Tumbes. (ver Tabla 19 y 20)

Tabla 21: IMDA

IMDA FC = 1.000	Sentido	Vehículos Ligeros					Vehículos Pesados						Total de Veh. Livianos	Total de Veh. Pesado	TOTAL	
		L			M1		M2		N			O				
		Motocicleta	Trimotono	Moto Furgon	Station Wagon	Pick Up	Microbus	O. Urbano	Camion 2E	Camion 3E	Camion 4E	253				353
Bocapan - Hervideros	2	15	2	13	3	1	2	7	6	2	1	0	35	20	55	
Hervideros - Bocapan	2	14	2	13	3	1	2	6	6	1	1	0	33	19	52	
Ambos	3	28	4	26	6	3	5	13	12	3	2	1	67	39	106	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Tasa de Crecimiento poblacional

TASA DE CRECIMIENTO PBI TUMBES		
Año	Valor	%
2007	1,637,185.00	
2008	1,902,059.00	16.2%
2009	2,082,047.00	9.5%
2010	2,307,874.00	10.8%
2011	2,168,906.00	-6.0%
2012	2,440,755.00	12.5%
2013	2,491,026.00	2.1%
2014	2,610,324.00	4.8%
2015	2,543,931.00	-2.5%
2016	2,510,386.00	-1.3%
2017	2,570,694.00	2.4%
		4.8%

Fuente: INEI

Tabla 19: Tabla de crecimiento PBI

TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL TUMBES		
Año	Valor	%
1940	25709	
1961	55812	3.7%
1972	76515	2.9%
1981	103839	3.4%
1993	155521	3.4%
2007	200306	1.8%
2017	224863	1.2%
		2.7%

Fuente: INEI

Con el IMDA actual, afectado por el promedio de las tasas de crecimiento poblacional y PBI de Tumbes, con la siguiente formula se calcula el IMDA proyectado a futuro:

$$T_n = T_o(1 + r)^n \quad (15)$$

Donde:

T_n= Tráfico en el año n

T_o= Tráfico actual o en el año base

r = Tasa de crecimiento

n = Año para el cual se calcula el volumen de tráfico

En los anexos se encuentra el Estudio de tráfico a mayor detalle.

Considerando el promedio de las tasas de crecimiento, 2.7% para vehículos livianos y 4.8% para vehículos pesados, se procedió a realizar los cálculos respectivos. Resultado que el IMDA proyectado para el 2039 será de 216 veh/día (ver Tabla 21)

Tabla 22: IMDA Proyectado

AÑO	Vehículos Livianos					Vehículos Pesados							Total de Veh. Livianos	Total de Veh. Pesado	TOTAL
	L		M1			M2		N			O				
	Motocicleta	Trimoto	Moto Furgon	Station Wagon	Pick Up	Microbus	O. Urbano	Camion 2E	Camion 3E	Camion 4E	2S3	3S3			
r	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%			
2019	3	28	4	26	6	3	5	13	12	3	2	1	67	39	106
2020	3	29	5	26	6	3	5	14	13	3	2	1	69	41	110
2021	3	30	5	27	6	3	5	14	14	3	2	1	71	43	114
2022	4	31	5	28	6	3	6	15	14	4	2	1	73	45	118
2023	4	32	5	29	6	3	6	16	15	4	3	1	75	47	122
2024	4	32	5	29	6	3	6	17	16	4	3	1	77	49	126
2025	4	33	5	30	7	3	6	17	16	4	3	1	79	52	131
2030	4	38	6	35	7	4	8	22	21	5	4	1	91	66	156
2035	5	44	7	40	9	5	10	28	26	7	5	2	104	83	187
2039	6	49	8	44	10	7	12	34	32	8	6	2	115	100	216

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar, que el estudio de tráfico se realizó en el KM 1+000 de la ruta 107 tramo: Bocapán – Suárez – Bocana, que para la presente tesis se asumen estos como valores representativos y se asume que el IMDA es el mismo para el resto de kilómetros.

5.2.3. Clasificación de la carretera

5.2.3.1. Por su demanda

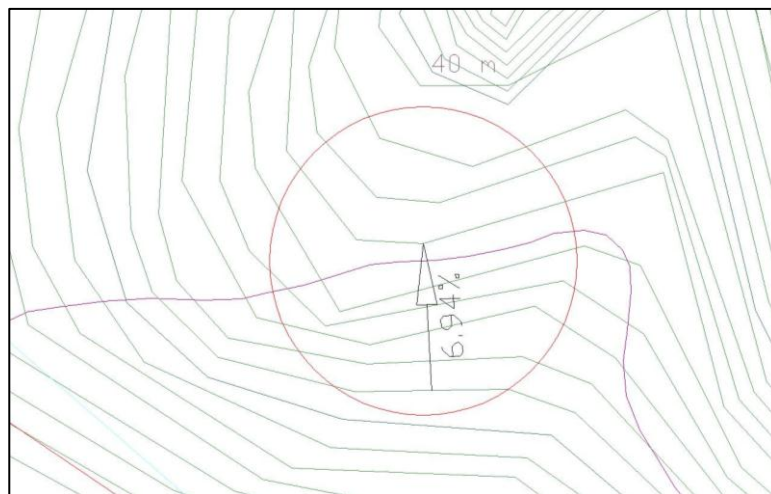
Según el estudio de tráfico antes hecho, el IMDA de la carretera para el año 2039 será 216 veh/día por lo que se clasifica como carretera de tercera clase.

5.2.3.2. Por su orografía

Se halló mediante dos formas, la primera consiste en ubicar la pendiente más crítica al eje de la vía en el plano topográfico. El levantamiento fue realizado por la empresa REMC Consultores S.A. en el año 2010.

En la Figura 18 se observa que la mayor pendiente transversal al eje de la carretera, es 6.94% lo que significa que se clasifica a la orografía como terreno plano.

Tabla 23: Pendiente transversal



Fuente: Elaboración propia

La segunda forma consiste en hallar la pendiente mediante la diferencia de cotas a cada 20 m de distancia, para luego hallar un promedio. En los anexos se puede observar que el promedio para la carretera en estudio es 8.08%. Por lo cual la vía clasifica por su orografía como **Terreno Plano (Tipo N°1)**.

5.2.4. Vehículo de diseño

Para el diseño del tramo en estudio, se tomó en cuenta que todos vehículos registrados en el estudio de tránsito puedan recorrer la carretera de forma cómoda y segura.

El vehículo más grande es el camión 3E, que tiene una longitud máxima de 13.20 m (Cuadro 7)

Cuadro 7: Vehículo de diseño

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)		
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores					
				1º	2º	3º		4º	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18	
C3		13,20	7	18	---	---	---	25	
C4		13,20	7	23 ⁽¹⁾	---	---	---	30	

Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos 2003 del MTC

5.2.5. Velocidad de diseño

Con la ayuda de los ítems 5.2.2.1. y 5.2.2.2 donde se clasificó a la carretera, podremos identificar en el **Cuadro 3** el rango de velocidades dadas a cada clase de carretera.

Se clasifica como carretera de tercera clase con orografía del tipo 1 (terreno plano), siendo así que la velocidad para el tramo en estudio se encuentra en el rango 40 Km/h - 90 Km/h. Y se escogió una velocidad de diseño = 50 KPH.

Cuadro 8: Rango de velocidades en función a la demanda y orografía.

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

Fuente: Adaptada del Manual DG-2018

5.2.6. Radio Mínimo

Para determinar el radio mínimo recurrimos a la Tabla 302.02 del Manual DG – 2018.

Tabla 24: Radios mínimos

Tabla 302.02
Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	p máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área urbana	30	4.00	0.17	33.7	35
	40	4.00	0.17	60.0	60
	50	4.00	0.16	98.4	100
	60	4.00	0.15	149.2	150
	70	4.00	0.14	214.3	215
	80	4.00	0.14	280.0	280
	90	4.00	0.13	375.2	375
	100	4.00	0.12	492.10	495
	110	4.00	0.11	635.2	635
	120	4.00	0.09	872.2	875
130	4.00	0.08	1,108.9	1,110	
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
130	6.00	0.08	950.5	950	
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
130	8.00	0.08	831.7	835	
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
130	12.00	0.08	665.4	665	

Fuente: Adaptada del Manual DG-2018

Según el cuadro, a la vía le corresponde un radio mínimo de 82 m, y redondeado 85 m.

5.3. Diseño del Alineamiento Horizontal

Iniciamos el diseño con el trazo de la carretera, para lo cual fue necesario cumplir con los requerimientos mínimos de radios y longitudes de tramos en tangente. El radio mínimo es de 85 m y las longitudes para la velocidad de 50 Kph se tiene que para Curvas en “S” es 69 m y para curvas en “O” es 139 m., con una longitud máxima de 835 m (Figura 23).

Tabla 25: Longitudes de tramo en tangente del diseño

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

Fuente: Adaptada del Manual DG-2018

5.3.1. Distancia de visibilidad de parada

En el diseño de la rasante se puede determinar que la pendiente máxima del alineamiento es 4.20%, en pendiente de subida. Por lo que la distancia de velocidad de parada es 61.8 m.

Tabla 26: Distancia de visibilidad de parada de diseño

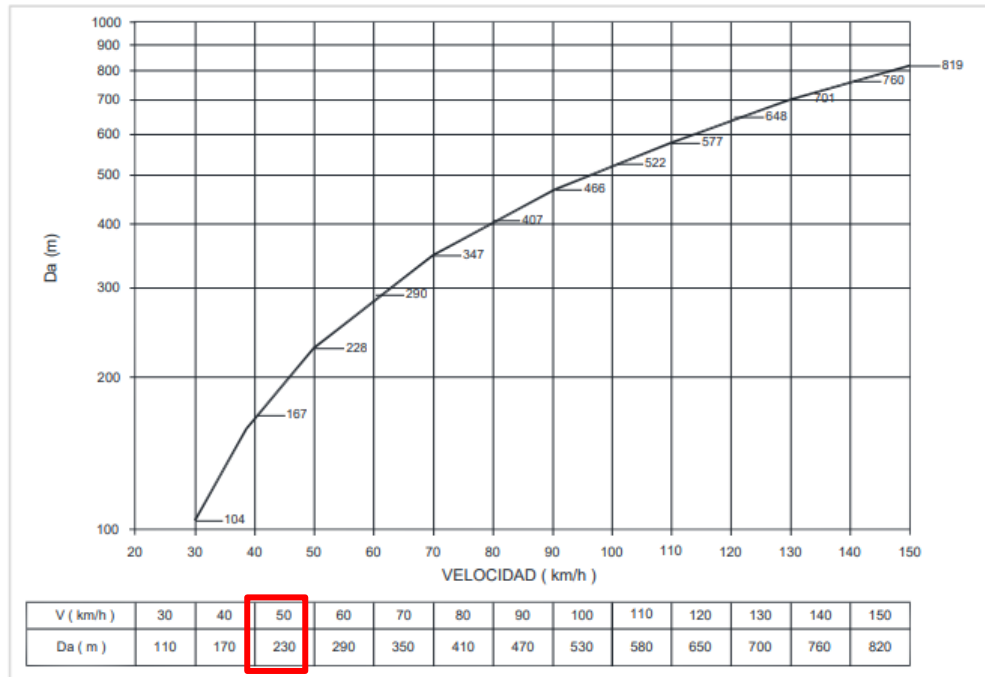
Velocidad de diseño (km/h)	Pendiente nula o en bajada			Pendiente en subida		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174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

Fuente: Adaptada del Manual DG-2018

5.3.2. Distancia de visibilidad de paso o adelantamiento

Con ayuda de la Gráfico 11 se determinó que la distancia de visibilidad de paso es 230 m.

Gráfico 11: Distancia de visibilidad de paso (m)



Fuente: Manual DG-2018

5.3.3. Trazo

En la **Tabla 25** se describe la longitud de los tramos rectos con los elementos de las curvas correspondientes.

Tabla 27: Longitudes de tramos en tangente en el diseño

PUNTO	RUMBO	AZIMUT	Δ	SENTIDO	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE TRAMO EN TANGENTE	CONTROL
A	S13.13°O	193.13 °	-	-	-	-	
PI1	S37.75°E	142.25 °	50.87°	IZQUIERDA	-	216.30	-
PI2	S4.09°O	184.09 °	41.84°	DERECHA	S	497.87	OK
PI3	S65.00°E	115.00 °	69.09°	IZQUIERDA	S	92.17	OK
PI4	N62.41°E	62.41 °	52.59°	IZQUIERDA	O	181.81	OK
PI5	S39.87°E	140.13 °	77.72°	DERECHA	S	583.74	OK
PI6	S84.34°E	95.66 °	44.47°	IZQUIERDA	S	213.05	OK
PI7	S36.50°E	143.50 °	47.84°	DERECHA	S	205.17	OK
PI8	S68.37°E	111.63 °	31.87°	IZQUIERDA	S	73.97	OK
B	N66.01°O	293.99 °	-	-	-	465.86	

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Coordinación entre curvas

Se observa que todas las longitudes de tramo en tangente cumplen con los requerimientos, sin embargo, según el inciso 302.04.05 del Manual DG – 2018 es necesario verificar la coordinación entre curvas circulares con tangente intermedia, menor a 200 m.

Tabla 28: Coordinación entre curvas

TRAMO RECTO	LONGITUD (M)	CURVA	RADIO DE ENTRADA (M)	RADIO DE SALIDA (M)			OBSERVACIÓN
L3	92.17	PI2	250	Mín.	Máx.	Radio actual	ADECUADO
		PI3		160	469	200	
L4	181.81	PI3	200	Mín.	Máx.	Radio actual	ADECUADO
		PI4		131	332	200	
L8	73.97	PI7	150	Mín.	Máx.	Radio actual	ADECUADO
		PI8		100	232	100	

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 26** se puede apreciar que las tangentes L3, L4 y L8 cumplen con no sobrepasar los valores obtenidos con el **Gráfico 4**.

5.3.5. Velocidad específica en curvas horizontales.

Según el inciso 204.04.01 del Manual DG – 2018, cada curva tiene una velocidad específica que no puede ser menor a la velocidad de diseño del tramo, ni superior a ésta en veinte kilómetros por hora.

Calculamos la velocidad de cada curva del diseño con la fórmula de radio mínimo, asumiendo $P_{máx}$ (8%) y $f_{máx}$ (0.16) constantes.

Tabla 29: Velocidad específica de curvas horizontales

CURVA N°	Velocidad de diseño (Kph)	RADIO (m)	Velocidad específica (Kph)	Variación (ΔV) en Kph
C1	50	200	78	28
C2		250	87	37
C3		200	78	28
C4		200	78	28
C5		250	87	37
C6		200	78	28
C7		150	68	18
C8		100	55	5

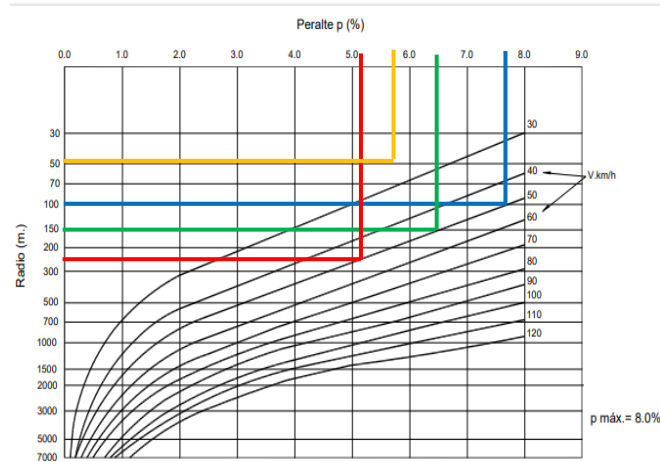
Fuente: Elaboración propia.

La curva N°5 tiene una variación mayor a veinte kilómetros por hora, debido a la diferencia de radios entre curvas, sin embargo se puede aminorar el peligro con una adecuada señalización entre las curvas.

5.3.6. Peraltes y transición de peraltes

Con ayuda de la **Gráfico 12** que relaciona el peralte, radio y velocidad específica de diseño (Figura 302.04 del Manual DG-2018), se han consignado los siguientes peraltes para cada curva del diseño (**Tabla 28**).

Gráfico 12: Identificación de peralte para zona rural



Fuente: Manual DG-2018

Tabla 30: Peraltes consignados a las curvas del diseño

CURVA N°	RADIO (m)	Peralte consignado (%) (FIGURA N°35)
C1	200	5.60%
C2	250	5.00%
C3	200	5.60%
C4	200	5.60%
C5	250	5.00%
C6	200	5.60%
C7	150	6.50%
C8	100	7.70%

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar las longitudes de transición de peraltes y peraltes (%) para cada curva se usó una hoja de cálculo de Excel. Para lo cual fue necesario obtener los siguientes datos:

- **Bombeo:** La zona de zorritos cuenta una precipitación anual de aproximadamente 85 mm/año, por lo que el Manual DG – 2018 recomienda un bombeo de 2.0%
- **Factor de proporcionalidad del peralte (K):** Usando la **Tabla 5**, Se desarrolló una tabla con los factores de proporcionalidad para cada curva (**Tabla 29**)

Tabla 31: Factor de proporcionalidad del peralte (K)

CURVA N°	RADIO (m)	Peralte consignado (%) (FIGURA N°35)	K (CUADRO N°5)
C1	200	5.60%	0.7
C2	250	5.00%	0.7
C3	200	5.60%	0.7
C4	200	5.60%	0.7
C5	250	5.00%	0.7
C6	200	5.60%	0.7
C7	150	6.50%	0.7

Fuente: Elaboración propia.

- **Inclinación de bermas:** Según la figura 304.03 (Manual DG – 2018, pág. 195) la inclinación de berma con pendiente normal es 4% para pavimento o tratamiento.
- **Longitud de transición de peralte:**

$$L_{min} = \frac{p_f - p_i}{ip_{m\acute{a}x}} * B \quad (16)$$

$$ip_{m\acute{a}x} = 1.8 - 0.01V \quad (17)$$

Donde:

Lmín : Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).

pf : Peralte final con su signo (%)

pi : Peralte inicial con su signo (bombeo) (%)

B : Distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte (m).

V : Velocidad de diseño (m/s)

Tabla 32: Cálculo de la longitud de transición de peralte

CURVA N°	RADIO (m)	Peralte consignado (%) (FIGURA N°35)	Longitud de Transición (m)
C1	200	5.60%	19.00
C2	250	5.00%	18.00
C3	200	5.60%	19.00
C4	200	5.60%	19.00
C5	250	5.00%	18.00
C6	200	5.60%	19.00
C7	150	6.50%	22.00
C8	100	7.70%	30(Espiral)

Fuente: Elaboración propia.

- **Peraltes:** Ya conocida la longitud de transición, hallamos los peraltes con las formulas obtenidas de la relación de triángulos (ver Figura N°6). Primero hallamos “m” con los datos de la longitud de transición y el peralte consignado (%), para luego hallar la longitud de aplanamiento N con el bombeo (%) y la pendiente (m).

$$m = \frac{e\%}{Lt}$$

(18)

$$N = \frac{b\%}{m}$$

(19)

En Cuadro 9 se observa la hoja de cálculo que resume los datos de cada curva horizontal así como el cuadro de peraltes que se exportó al Civil 3D. El cuadro completo se encuentra en los anexos al igual que los planos de sección transversal.

Cuadro 9: Cálculo de peraltes

Superelevation			Station	Description	ig	Curtside	Sh	Outside	L	Inside	Laside	Shoutside	Sh	Outside	t	Inside	Inside	Sh	
PI N°	I	ENS	0+00.00	Begin Alignment															
			1+89.43	End Normal Shoulder	0	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%						
RADIO	200	ENC	1+96.21	End Normal Crown	0	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%						
FA	6.79	LC	1+2+03.00	Level Crown	0	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%						
P% Inicial	-2.00%	RC	1+2+09.79	Reverse Crown	0	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	2.00%	2.00%	0.00%	0.00%						
P% Final	5.60%	LSM	1+2+16.57	Low Shoulder Match	0	-4.00%	-4.00%	0.00%	0.00%	4.00%	4.00%	0.00%	0.00%						
P% curva	0.3	BFS	1+2+22.00	Begin Full Super	0	-5.60%	-5.60%	0.00%	0.00%	5.60%	5.60%	0.00%	0.00%						
Proporción de P%	0.7	EFS	1+3+88.18	End Full Super	0	-5.60%	-5.60%	0.00%	0.00%	5.60%	5.60%	0.00%	0.00%						
Bombeo de berma	-4.00%	LSM	1+3+93.61	Low Shoulder Match	0	-4.00%	-4.00%	0.00%	0.00%	4.00%	4.00%	0.00%	0.00%						
Ls Espiral	---	RC	1+4+00.39	Reverse Crown	0	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	2.00%	2.00%	0.00%	0.00%						
Aplanamiento N	6.79	LC	1+4+07.18	Level Crown	0	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%						
Lt peralte	19.00	BNC	1+4+13.97	Begin Normal Crown	0	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-2.00%	-2.00%	0.00%	0.00%						
Sentido	I	BNS	1+4+20.75	Begin Normal Shoulder	0	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%	-4.00%	-2.00%	0.00%	0.00%						

Fuente: Elaboración propia.

5.3.7. Sobreanchos

Mediante la fórmula (9) hemos obtenido los sobre anchos para cada curva. Para ellos fue necesario utilizar los siguientes datos:

- Número de carriles (n): 2
- Vehículo de diseño: Camión de 3E – C3
- Longitud del veh. de diseño (m): 10.55 m
- Velocidad de diseño (V): 50 Kph
- Radio de cada curva (m)

En la Tabla 31 se pueden ver los valores de los sobreanchos con sus respectivas progresivas de inicio y fin.

Tabla 33: Valores de sobreanchos

CURVA N°	RADIO (m)	Sobreanchos (m)	Longitud de Transición Entrada - Salida (m)	Inicio de sobreancho (Km)	Fin de sobreancho (Km)
C1	200	0.91	19.00	2+22.000	3+88.180
C2	250	0.76	18.00	8+97.150	10+68.900
C3	200	0.91	19.00	11+72.170	14+01.930
C4	200	0.91	19.00	15+95.140	17+67.310
C5	250	0.76	18.00	23+62.150	26+90.470
C6	200	0.91	19.00	29+14.620	30+58.450
C7	150	1.15	22.00	32+75.920	33+87.960
C8	100	1.62	30.00	34+98.530	35+24.150

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Diseño del Alineamiento Vertical

En los anexos se encuentran los planos que muestran el diseño vertical de la carretera con velocidad de diseño de 50 Kph. Según las consideraciones de diseño del Manual de Carreteras 2018, por razones de economía se ha diseñado el perfil de tal modo que la rasante se acomode en lo que se pueda al terreno.

5.4.1. Rasante, pendiente mínima y máxima

Como se ha optado por una carretera con bombeo del 2% y se han considerado bermas, la pendiente mínima deseable es 0.5% y con excepción pudo ser de 0.35%. Y de acuerdo a la Tabla 9 la pendiente máxima fue de 8%.

En la Tabla 32 se halla una lista de puntos de inflexión verticales (PIV) y las pendientes de entrada y salida del PIV.

Tabla 34: Pendientes de entrada y salida de los puntos de inflexión

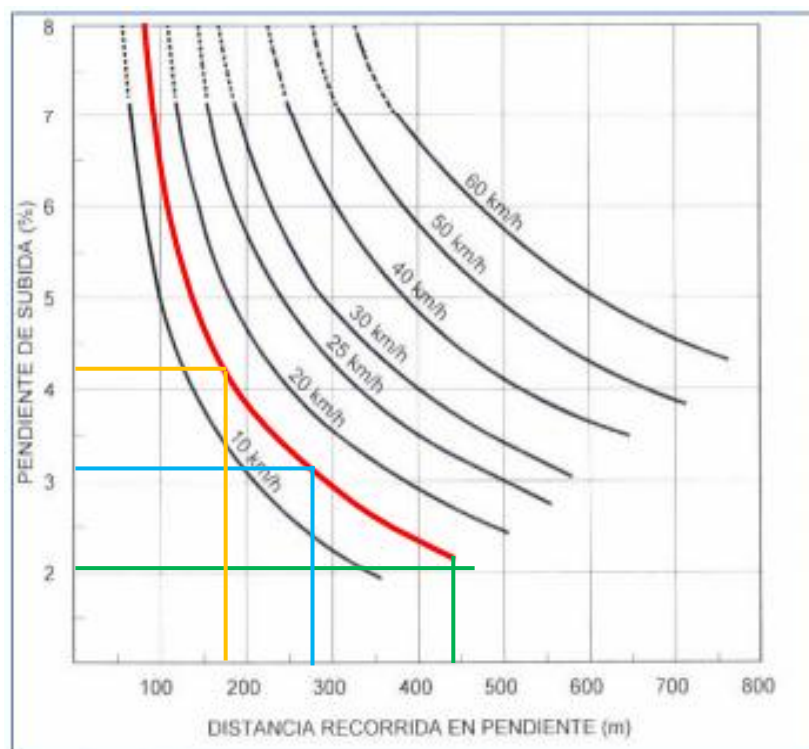
PVI N°	Progresiva	Elevación (m.s.n.m.)	Pendiente de entrada	Pendiente de salida
1	0+196.760	13.17	1.61%	-0.51%
2	0+388.010	12.19	-0.51%	0.35%
3	0+574.150	12.84	0.35%	3.08%
4	0+706.680	16.92	3.08%	-0.40%
5	0+938.630	16.00	-0.40%	-1.23%
6	1+069.300	14.39	-1.23%	4.20%
7	1+212.750	20.42	4.20%	-0.63%
8	1+505.950	18.56	-0.63%	2.01%
9	1+696.170	22.38	2.01%	-1.46%
10	1+934.380	18.90	-1.46%	1.52%
11	2+292.700	24.36	1.52%	-1.08%
12	2+741.440	19.50	-1.08%	1.03%
13	3+077.880	22.97	1.03%	-0.35%
14	3+374.090	21.93	-0.35%	1.36%
15	3+681.140	26.11	1.36%	-0.88%
16	3+814.020	24.93	-0.88%	1.40%
17	3+987.480	27.35	1.40%	-0.86%

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar las pendientes no superan a la máxima que es 8%. Sin embargo es necesario verificar si el diseño cumple con siguientes consideraciones para una carretera de tercera clase (Manual de Diseño Geométrico; Pág. 172):

- Al no existir ascensos continuos, longitudes de más de 3 kilómetros con más de 5% de pendiente, no es necesario ubicar tramos de descanso.
- Sobre la pérdida de velocidad de los vehículos pesados en subida, se evita en lo posible que la caída de velocidad supere los 15 Km/h. Con ayuda del ábaco (Gráfico 13) se puede conocer la longitud crítica en donde la caída de la velocidad es mayor a 15 kph.

Gráfico 13: Longitud crítica en pendiente



Fuente: Manual DG-2018

A continuación se muestra en la tabla las longitudes en pendiente y la verificación de si cumple o no con la longitud crítica.

Tabla 35: Verificación de la longitud crítica

PVI N°	Progresiva	Pendiente (subida)	Longitud de pendiente (m)	Longitud crítica (m)	VERIFICACIÓN $L_c < L_p$
INICIO	0+000.000	---	---		---
1	0+196.760	1.61%	196.76	Indeterminado	---
2	0+388.010	0.51%	191.25	Indeterminado	---
3	0+574.150	0.35%	186.14	Indeterminado	---
4	0+706.680	3.08%	132.53	170.00	CUMPLE
5	0+938.630	0.40%	231.95	Indeterminado	---
6	1+069.300	1.23%	130.67	Indeterminado	---
7	1+212.750	4.20%	143.45	270.00	CUMPLE
8	1+505.950	0.63%	293.20	Indeterminado	---
9	1+696.170	2.01%	190.22	450.00	CUMPLE
10	1+934.380	1.46%	238.21	Indeterminado	---
11	2+292.700	1.52%	358.32	Indeterminado	---
12	2+741.440	1.08%	448.74	Indeterminado	---
13	3+077.880	1.03%	336.44	Indeterminado	---
14	3+374.090	0.35%	296.21	Indeterminado	---
15	3+681.140	1.36%	307.05	Indeterminado	---
16	3+814.020	0.88%	132.88	Indeterminado	---
17	3+987.480	1.40%	173.46	Indeterminado	---
FINAL	4+055.250	0.86%	67.77	Indeterminado	---

Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. Curvas Verticales

Las curvas se han diseñado de modo que tengan longitudes mayores a las distancias de visibilidad, siempre y cuando haya sido posible. Las curvas cóncavas como convexas han sido diseñadas bajo las condiciones de la distancias de visibilidad de paso y parada.

- El criterio de seguridad, se aplica a curvas cóncavas y convexas. La longitud de la curva debe ser tal, que en todo su desarrollo la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos el nivel de servicio deseado puede

obligar a diseñar curvas verticales con la distancia de visibilidad de paso.

Tabla 36: Longitudes de curvas verticales

PVI N°	Tipo de curva	Pendiente Entrada	Pendiente Salida	A (%)	Dp (m) (Tabla 303.02 Manual DG-2018)	Da (m) (Tabla 303.02 Manual DG-2018)	Long. en el diseño vertical (m)
INICIO	---	---	1.61%				
1	Convexa	1.61%	-0.51%	2.12	65.00	345.00	67.02
2	Cóncava	-0.51%	0.35%	0.86	65.00		65.00
3	Cóncava	0.35%	3.08%	2.73	65.00		65.00
4	Convexa	3.08%	-0.40%	3.48	65.00	345.00	114.00
5	Convexa	-0.40%	-1.23%	0.83	65.00	345.00	65.00
6	Cóncava	-1.23%	4.20%	5.43	65.00		75.00
7	Convexa	4.20%	-0.63%	4.83	65.00	345.00	150.00
8	Cóncava	-0.63%	2.01%	2.64	65.00		65.00
9	Convexa	2.01%	-1.46%	3.47	65.00	345.00	110.00
10	Cóncava	-1.46%	1.52%	2.98	65.00		65.00
11	Convexa	1.52%	-1.08%	2.60	65.00	345.00	80.00
12	Cóncava	-1.08%	1.03%	2.11	65.00		65.00
13	Convexa	1.03%	-0.35%	1.38	65.00	345.00	65.00
14	Cóncava	-0.35%	1.36%	1.71	65.00		65.00
15	Convexa	1.36%	-0.88%	2.24	65.00	345.00	68.00
16	Cóncava	-0.88%	1.40%	2.28	65.00		65.00
17	Convexa	1.40%	-0.86%	2.26	65.00	345.00	68.00
FINAL	-0.86%	-0.86%	---	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se puede ver que todas las longitudes son mayores a la distancia de visibilidad de parada, sin embargo no a la de paso, lo que quiere decir que en este tramo de la carretera no se permite adelantar. En la señalización se indicará las curvas donde se prohíbe adelantar.

5.5. Diseño de la sección transversal

El diseño abarca el dimensionamiento de la calzada, de las bermas, de las cunetas, y del derecho de vía; además de los taludes de corte y relleno. Así también se realizará el diseño de pavimento para el proyecto.

5.5.1. Pavimento

Determinación del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn.

$$N_{rep \text{ de EE } 8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365] \quad (20)$$

Donde:

EE_{día-carril} : Ejes Equivalentes por cada tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño.

F_{ca} : Factor de crecimiento anual.

Solución:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi} \quad (21)$$

- I. IMD_{pi} (Índice medio diario) = 216 veh/día
- II. F_d (Factor direccional) = 0.50
- III. F_c (Factor carril) = 1.00

Tabla 37: Factores de Distribución Direccional y de Carril

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

- IV. Fvpi (Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes.)
Según el vehículo de diseño seleccionado, usaremos las siguientes ecuaciones:

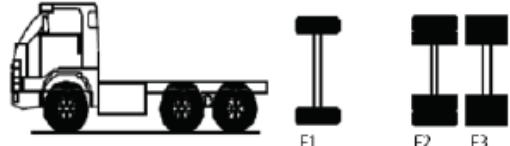
- Eje Simple de ruedas simples (EES1)

$$EE_{S1} = [P/6.6]^{4.0} \quad (22)$$

- Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EETA2)

$$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0} \quad (23)$$

Cuadro 10: Cargas reales por eje del vehículo de diseño.

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C3								13.20
	$EE_{S1} = [P/6.6]^4$	$EE_{T2} = [P/15.1]^4$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	8	8					
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	16						
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem						
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						

Fuente: Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

- Entonces reemplazamos la carga real de Eje Simple en ecuación (22):

$$EE_{S1} = [7/6.6]^{4.0}$$

$$EE_{S1} = 1.265$$

- Asimismo, reemplazamos la carga real de Eje Tandem en ecuación (23):

$$EE_{S1} = [16/15.1]^{4.0}$$

$$EE_{S1} = 1.261$$

- Finalmente sumamos resultados de (22) y (23), obteniendo así:

$$Fv_{pi} = 1.265 + 1.261$$

$$Fv_{pi} = 2.526$$

V. F_p (Factor de Presión de neumáticos)

$F_p = 1.00$ Según cuadro 6.13 del Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Reemplazamos en ecuación (21) y obtenemos:

$$EE_{\text{día-carril}} = 216 \times 0.50 \times 1.00 \times 2.526 \times 1.00$$

$$EE_{\text{día-carril}} = 272.808$$

Hallamos F_{ca} :

$$F_{ca} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r} \quad (24)$$

$n = 20$ años

$r = 4.8\%$

Entonces:

$$F_{ca} = \frac{(1 + 0.048)^{20} - 1}{0.048}$$

$$F_{ca} = 32.38$$

Luego calculamos del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo de diseño seleccionado, reemplazamos en ecuación (20) y tenemos:

$$N_{rep \text{ de } EE \text{ 8.2 tn}} = 272.808 \times 32.38 \times 365$$

$$N_{rep \text{ de } EE \text{ 8.2 tn}} = 3'214,278.418$$

Ahora hallamos los parámetros necesarios para reemplazar en la **ecuación básica** para el diseño de pavimentos flexibles y es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

A. **W18 = 3.209 x 10⁶** (Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb 80 kN).

Tabla 38: Tipo de Tráfico Pesado expresado en EE.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{F5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{F6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{F7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{F8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{F9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE

Fuente: Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

B. **Mr** (Modulo de Resilencia, es una medida de la rigidez del suelo de subrasante.)

$$Mr (psi) = 2555 \times CBR^{0.64} \quad (25)$$

- CBR = 7.5 %

Entonces:

$$Mr (psi) = 2555 \times 7.5^{0.64}$$

$$\mathbf{Mr (psi) = 9,277.48}$$

C. **R = 85 %** (Confiabilidad)

Según el Tipo de tráfico Tp7, se selecciona el nivel de confiabilidad en la siguiente tabla.

Tabla 39: Valores recomendados de niveles de Confiabilidad.

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15		>30'000,000	95%

Fuente: Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

D. **Zr** (Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal.)

Zr = - 1.036

Tabla 40: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr).

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{Pe}	100,001	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{P15}		>30'000,000	-1.645

Fuente: Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

E. **So** (Desviación Estándar Combinada, es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento.)

El manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, recomienda trabajar con un valor de:

$$\mathbf{So = 0.45}$$

F. **ΔPSI** (Variación de Serviciabilidad, viene a ser la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Final asumida para el proyecto en desarrollo.)

Donde:

$$\Delta PSI = P_i - P_t \quad (26)$$

$P_i = 4.00$, según Tipo de tráfico Tp7 en Cuadro 12.10 del manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

$P_t = 2.50$, según Tipo de tráfico Tp7 en Cuadro 12.11 del manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Entonces reemplazamos en (26):

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

$$\Delta PSI = 4.00 - 2.50$$

$$\Delta PSI = \mathbf{1.50}$$

G. **SNR** (Numero Estructural Requerido.)

Tiene por formula la siguiente expresión:

$$SN = a_1 x d_1 + a_2 x d_2 x m_2 + a_3 x d_3 x m_3 \quad (27)$$

Por tablas obtenemos:

✓ $a_1 = 0.170/\text{cm}$, Capa superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico.

✓ $a_2 = 0.052/\text{cm}$, Capa de Base recomendada para Trafico $\leq 5'000,000$ EE.

✓ $a_3 = 0.047/\text{cm}$, Capa de Sub Base recomendada para Trafico $\leq 15'000,000$ EE.

✓ m_2 y $m_3 = 1.00$, valor de coeficiente de drenaje sugerido por Manual de Carreteras - Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Valores asumidos para proyecto:

✓ $d_1 = 4''$

✓ $d_2 = 12''$

✓ $d_3 = 8''$

Luego reemplazamos en (27):

$$SN = 0.17 \times 10.16 + 0.052 \times 30.48 \times 1 + 0.047 \times 20.32 \times 1$$

$$SN \text{ calculado} = 4.267$$

Ahora hallamos el SN requerido:

Tabla 41: Números Estructurales requeridos según Tipo de tráfico

CATALOGO DE NUMEROS ESTRUCTURALES (SN) REQUERIDOS POR TIPO DE TRAFICO Y DE SUBRASANTE Carpeta Asfáltica en Caliente + Base Granular + Sub Base Granular						
TIPO DE SUBRASANTE CLASE TRANSITO	Inadecuada CBR < 3% (*)	Pobre 3% ≤ CBR < 6% (*)	Regular 6% ≤ CBR < 10%	Buena 10% ≤ CBR < 20%	Muy Buena 20% ≤ CBR < 30%	Excelente CBR ≥ 30%
Tp0 76,000 < Rep. EE ≤ 150,000			2.136	1.871	1.557	1.392
Tp1 150,000 < Rep. EE ≤ 300,000			2.470	2.165	1.809	1.625
Tp2 300,000 < Rep. EE ≤ 600,000			2.702	2.367	1.979	1.780
Tp3 600,000 < Rep. EE ≤ 750,000			2.856	2.693	2.173	1.959
Tp4 750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000			3.107	2.726	2.283	2.059
Tp5 1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000			3.434	3.012	2.521	2.274
Tp6 1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000			3.856	3.395	2.841	2.561
Tp7 3'000,000 < Rep. EE ≤ 6'000,000			4.206	3.707	3.105	2.797
Tp8 6'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000			4.630	4.103	3.449	3.107
Tp9 7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000			4.837	4.300	3.624	3.267
Tp10 10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000			5.092	4.552	3.869	3.501
Tp11 12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000			5.226	4.679	3.985	3.609
Tp12 15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000			5.341	4.883	4.173	3.786
Tp13 20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000			5.907	5.323	4.580	4.172
Tp14 25'000,000 < Rep. EE ≤ 30'000,000			6.052	5.460	4.708	4.293

Fuente: Manual de carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

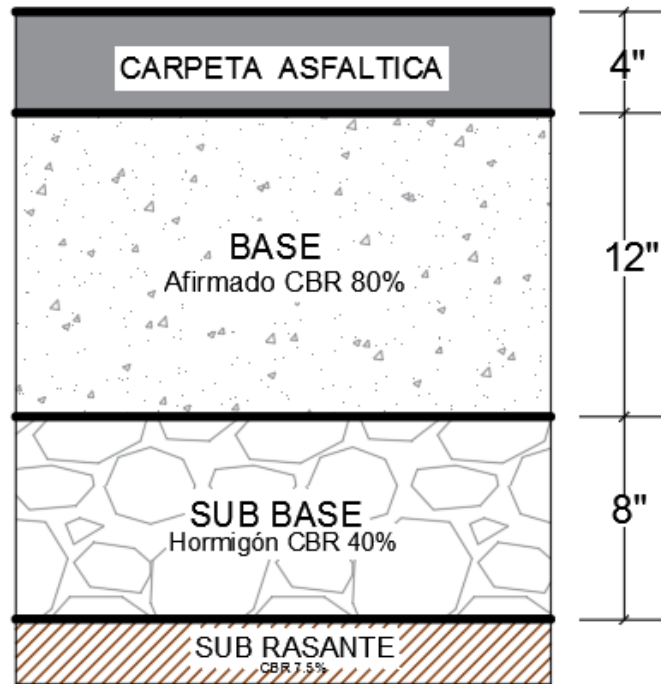
Finalmente tenemos que debe cumplirse la siguiente expresión:

$$SN \text{ calculado} > SN \text{ requerido}$$

$$4.267 > 4.206$$

SI CUMPLE

Figura 17: Propuesta final de Pavimento Flexible.



Fuente: Elaboración propia.

5.5.2. Calzada

Con ayuda de la Tabla 304.01 del Manual DG – 2018 podemos definir el ancho de la calzada del proyecto. Siendo una plataforma de una calzada con dos carriles de 3.30 m cada uno.

Tabla 42: Anchos mínimos de calzada

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400			
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30km/h																			5.00	6.00
40 km/h																	6.60	6.60	6.60	5.00
50 km/h										7.20	7.20				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		
70 km/h			7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80 km/h	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20	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 DG - 2018

Una necesidad especial en este proyecto es la evacuación de aguas de lluvia por ello, se define una inclinación transversal que evacua el agua hacia las bermas y luego a las cunetas. Esa inclinación, que puede ser a dos aguas, se denomina bombeo. Al depender de la superficie de rodadura y de los niveles de precipitación en la zona, el bombeo varía de 2% hasta 4%.

La solución del presente proyecto es a nivel de pavimento asfáltico y la precipitación anual no ha superado los 500 mm. De modo que, a partir de la Tabla 304.03 del Manual DG-2018, el bombeo recomendado para el proyecto es de 2.0%.

Tabla 43: Bombeo de 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 DG - 2018

5.5.3. Bermas

De la misma forma que la calzada, con la Tabla 304.02 del Manual DG-2018 se define el ancho de las bermas que serán parte del proyecto.

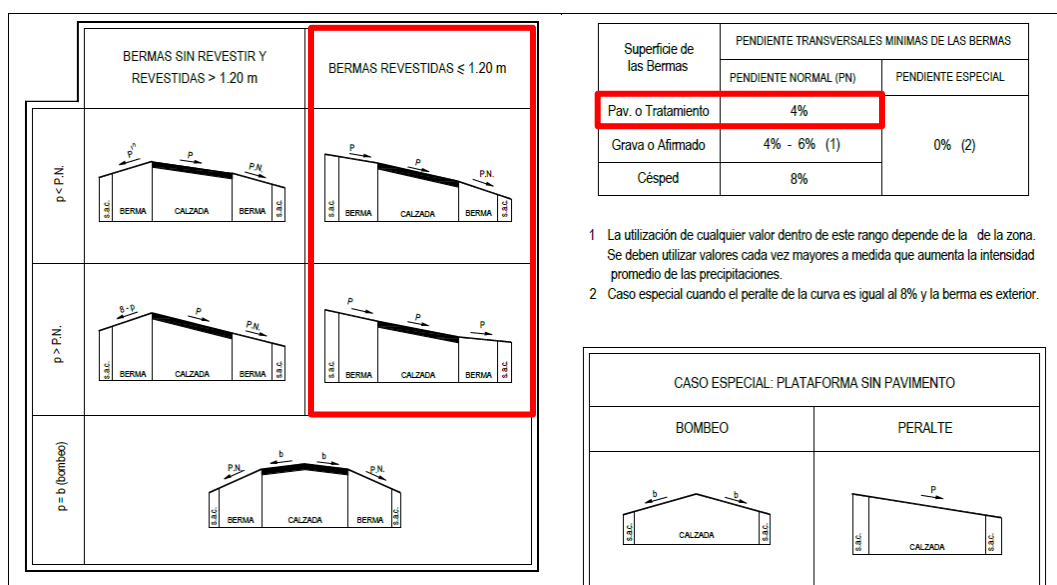
Tabla 44: Anchos de berma

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera								
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400				
	Primera clase		Segunda clase		Primera clase		Segunda clase		Primera clase		Segunda clase		Tercera Clase		Tercera 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	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 DG - 2018

De acuerdo a la velocidad de diseño, la orografía y demanda se puede definir el ancho de la berma en 1.20 m. Se decidió que las bermas serán a nivel de afirmado con inclinación de 4%, debido al factor económico.

Cuadro 11: Inclinación de bermas



Fuente: Manual DG - 2018

Debido a que las bermas no son pavimentadas, no es necesario añadir sobrecanchos de compactación (s.a.c.). En zonas de corte, tampoco es necesario incluirlos, ya que los taludes permiten el confinamiento de las bermas. Sin embargo, se opta por usarlas solo en zonas de relleno, donde permiten localizar elementos de seguridad y señalización. El s.a.c. tendrá un ancho de 0.70m, y formará parte de la berma, con el mismo espesor.

5.5.4. Cunetas

Como el dimensionamiento de las cunetas es parte del estudio hidrológico e hidráulico de la vía, el cual no es parte del alcance de la presente tesis, se tomará en cuenta las dimensiones mínimas que recomienda el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Manual de Carreteras Peruano.

Tabla 45: Dimensiones mínimas de cunetas

REGIÓN	PROFUNDIDAD (D) (M)	ANCHO (A) (M)
Seca (<400 mm/año)	0.20	0.50
Lluviosa (De 400 a <1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a <3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (>3000 mm/año)	0.30*	1.20

* Sección Trapezoidal con un ancho mínimo de fondo de 0.30

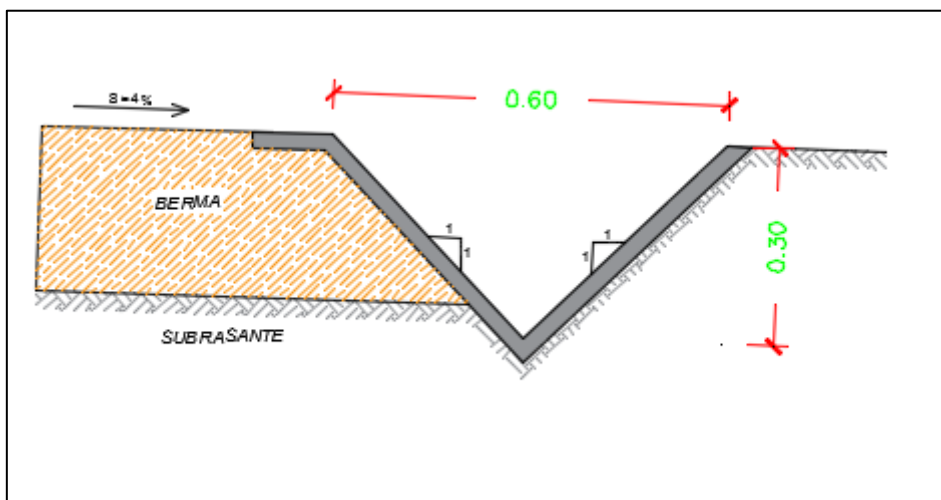
Fuente: Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito-MTC.

Fuente: Manual de hidrología, hidráulica y drenaje.

Una vez conocida la precipitación anual, y las dimensiones, se precisa la geometría de la cuneta:

- Sección transversal: Triangular
- Ancho : 0.60 m
- Alto : 0.30 m
- Talud interior : 1:1 (V:H)
- Talud exterior : 1:1 (V:H)

Figura 18: Ancho mínimo de derecho de vía



Fuente: Elaboración Propia

5.5.5. Derecho de vía

Con fines complementarios, es necesario cumplir con el derecho de vía, dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. (Manual DG-2018, pág. 198)

Tabla 46: Ancho mínimo de derecho de vía

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 DG-2018

Por lo que corresponde, para el caso de la presente tesis, 16 m de ancho de derecho de vía. Sin embargo, se debe tener presente también el siguiente lineamiento dado por la misma norma DG 2018 :

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

- *Del borde de los taludes de corte más alejado.*
- *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 fijara 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 44**, excepcionalmente podrá fijarse anchos mínimos inferiores, en función a las construcciones e instalaciones permanentes adyacentes a la carretera (Manual DG 2018; Pág. 199).*

5.5.6. Taludes

Los taludes de corte y relleno se definieron con ayuda del estudio de suelos, del cual se obtiene el tipo de suelo existente a lo largo de la carretera. A continuación se muestra una tabla con el tipo de material y el talud recomendado por el Manual DG – 2018.

Tabla 47: Taludes para diseño de vía

PROGRESIVA	MATERIAL	TALUD DE CORTE H:V	TALUD DE RELLENO H:V	ALTURA MAX.
0+00 - 40+39.44 KM	ARCILLA	1:1	1:1.5	5.00 m

Fuente: Elaboración Propia.

5.6. Movimiento de tierras

Para el cálculo de volúmenes se realizaron secciones cada 20 m para líneas en tangente y cada 10 m para curvas y espirales. Con ayuda del software Civil 3D se exportaron los valores de las áreas de corte y relleno para proceder al cálculo de los volúmenes, mediante el método de áreas medias.

$$V = \frac{1}{2} \times (A_1 + A_2) \times d \quad (28)$$

Donde:

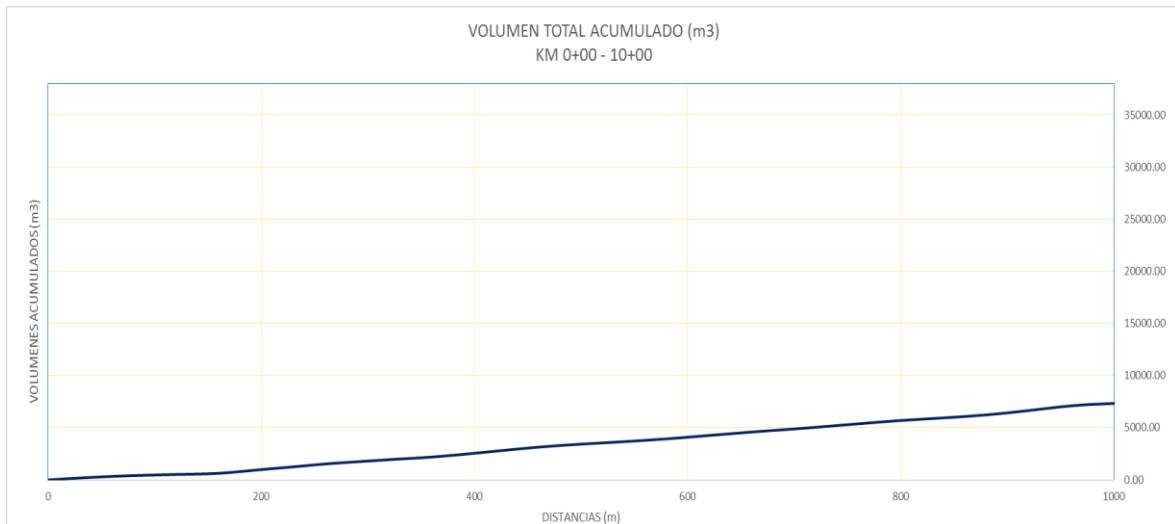
V = Volumen entre ambas secciones en m^3

A_1, A_2 = Área de las secciones en m^2

d = Distancia entre secciones en m

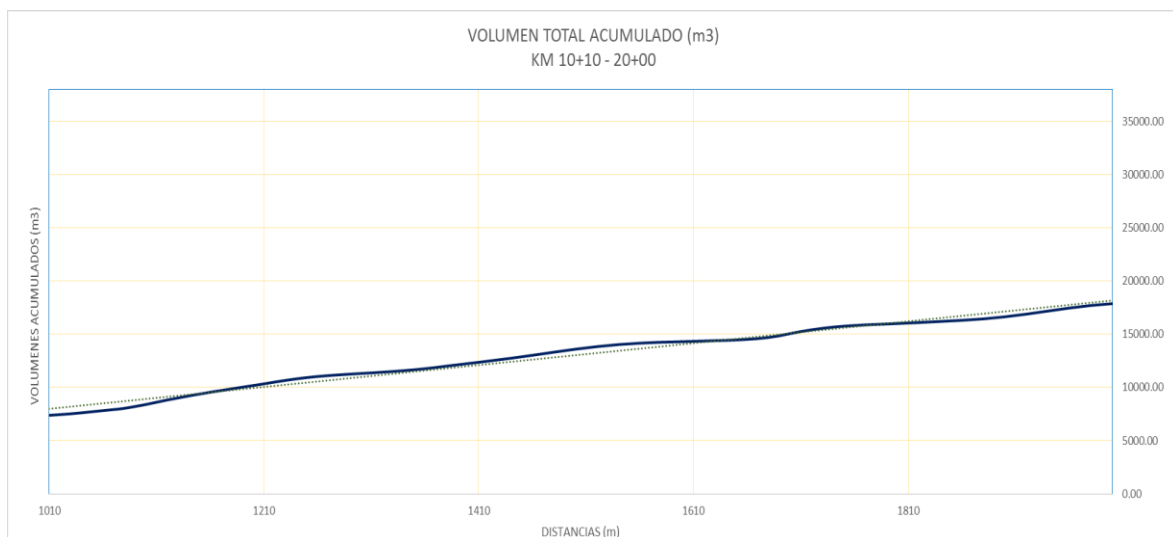
Una vez que obtenemos los volúmenes de corte y relleno, se hace una corrección al corte, el cual es del 90%. Esto es efecto del esponjamiento del suelo al remover una determinada área del terreno natural.

Después se continuó con el cálculo de los volúmenes acumulados y el volumen neto. Por último se realizó el diagrama de masas para cada kilómetro de la vía. (Ver Figura 66)



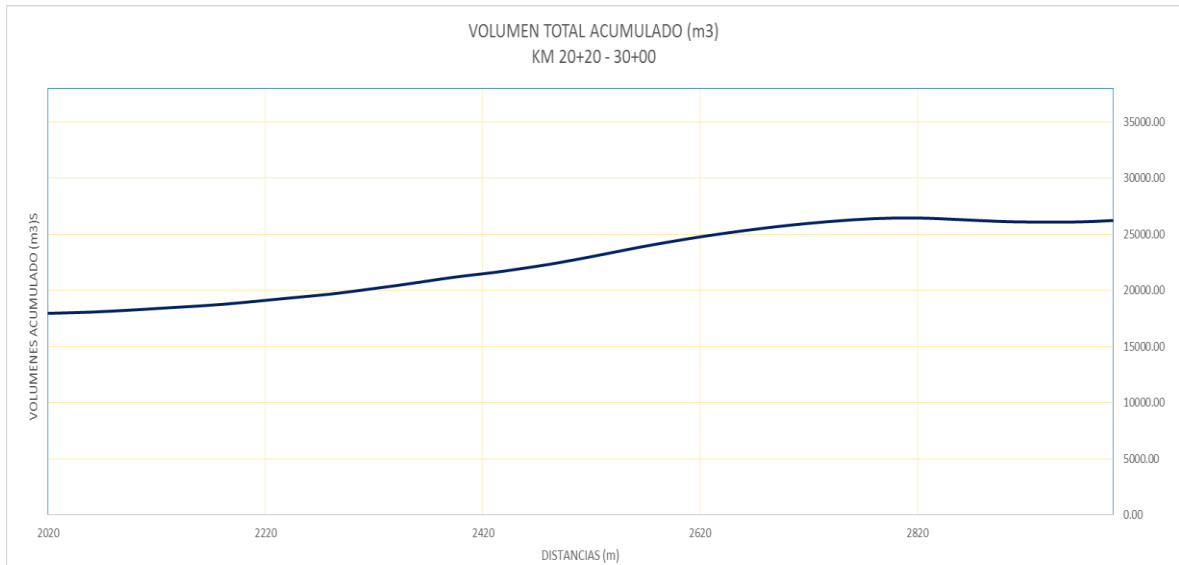
Fuente: Elaboración Propia.

(a)



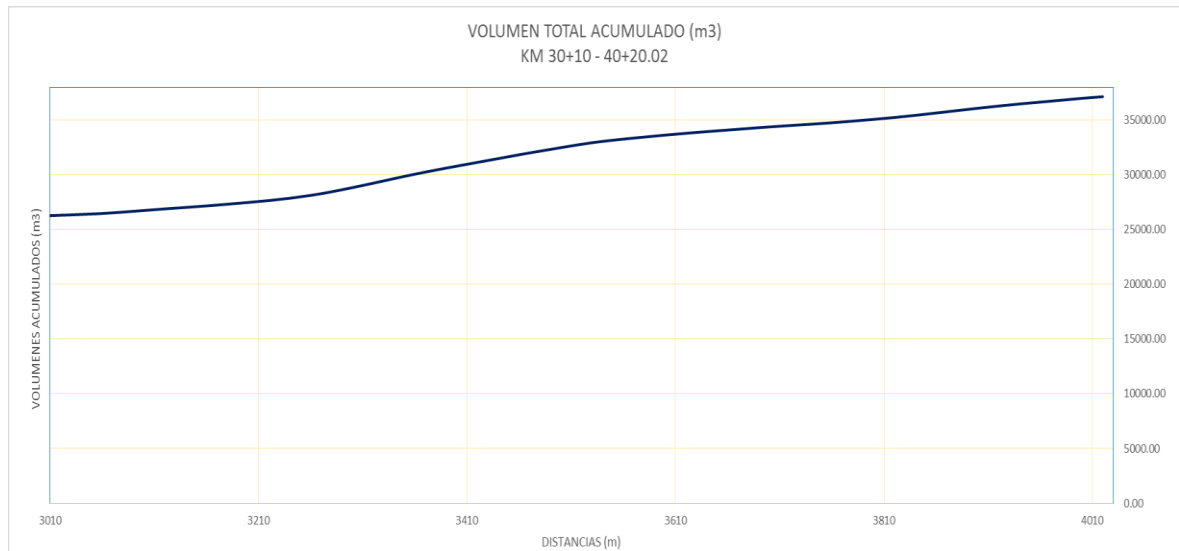
Fuente: Elaboración Propia.

(b)



Fuente: Elaboración Propia.

(c)



Fuente: Elaboración Propia.

(d)

Figura 19: Diagrama de masas

En los anexos se encuentra la tabla de los volúmenes acumulados y a continuación se muestra una tabla resumen.

Tabla 48: Resumen de Volúmenes

Resumen de volúmenes	
KM 0+00 - 10+00	7326.81 m3
KM 10+10 - 20+00	17866.85 m3
KM 20+20 - 30+00	26233.37 m3
KM 30+10 - 40+20.02	37140.24 m3

Fuente: Elaboración Propia.

Todos los resultados son positivos, lo que quiere decir que habrá tierra excedente la cual se debe transportar fuera de la obra. En el diagrama de masas se observa que hasta la progresiva 28+00 hay un continuo excedente de material hasta que la dirección de la pendiente cambia, generando una falta de material que es compensada en la progresiva 29+50. Después de esta progresiva la pendiente siguió en subida, incrementando la cantidad de material excedente.

5.7. Señalización de la vía

Según el análisis del diseño geométrico, se la ha dotado de los elementos y dispositivos de señalización y seguridad vial de modo que el tránsito vehicular se desarrolle de forma segura y fluida, a fin de minimizar los accidentes de tránsito. Se compatibiliza la señalización vial con el diseño horizontal y vertical de modo que sean visibles en su totalidad.

Además de tener en cuenta los parámetros de diseño del proyecto como el tipo de carretera (su clasificación según su demanda, función y orografía), velocidad de diseño, radios de las curvas horizontales, entre otros datos que son indispensables para poder seleccionar la señalización idónea según el tipo de necesidad en determinados tramos de la vía proyectada.

Actualmente la zona de la ruta donde se proyecta la vía, no cuenta con señalización importante más que con algunas con propósito de ubicación u orientación, debido a que será una vía nueva.

A continuación, tendremos el detalle del tipo de señalización vertical y horizontal que se empleó en este proyecto, así como la cantidad y/o metrado de señales utilizadas para esta carretera, también se diseñaron los planos en planta y demás detalles necesarios los cuales se muestran en los **Anexos** de este trabajo de investigación.

5.7.1. Señalización Vertical

5.7.1.1. Señales reguladoras o reglamentarias

En el proyecto se utilizaron básicamente las señales de límites de velocidad en ciertos tramos de la vía proyectada, teniendo en cuenta que nuestra velocidad de diseño es de 50 km/h.

Cuadro 12: Señales reguladoras o reglamentarias empleadas en la vía proyectada.

TIPO DE SEÑAL	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	CODIGO	CANTIDAD
SEÑALES REGLAMENTARIAS - Prohibido adelantar (Señales de prohibición de maniobras y giros)	Esta señal prohíbe al conductor efectuar la maniobra de adelantar a otro vehículo u otros que le antecedan traspasando el eje de la calzada.		R - 16	10.00
SEÑALES REGLAMENTARIAS - Velocidad máxima permitida (Señales de restricción)	Debe ser ubicada en ciertos tramos rectos a lo largo de la vía proyectada.		R - 30	5.00
			R - 30	4.00

Fuente: Elaboración propia.

5.7.1.2. Señales preventivas

Deben ser ubicadas, como mínimo, a 50 m de distancia del lugar que se desea prevenir, al lado derecho y en ángulo recto frente a la vía.

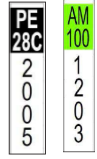

Cuadro 13: Señales preventivas empleadas en la vía proyectada.

TIPO DE SEÑAL	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	CODIGO	CANTIDAD
SEÑALES PREVENTIVAS - Curva a la izquierda	Se deben ubicar 50.00 m antes de empezar las curvas.		P - 2B	8.00
SEÑALES PREVENTIVAS - Curva a la derecha			P - 2A	8.00
SEÑALES PREVENTIVAS - Final de Via Pavimentada	Se coloca al finalizar una vía pavimentada y pasar a una vía no pavimentada.		P - 31	1.00
SEÑALES PREVENTIVAS - Animales en la vía	Es colocada para advertir al conductor sobre la posibilidad de presencia o cruce de animales por la vía.		P - 53	2.00
SEÑALES PREVENTIVAS - Delineador de curva horizontal "CHEVRON"	Debe ubicarse en grupos y al costado externo de la vía, esta señal guía al conductor sobre el sentido de una curva pronunciada o que requiere atención por razones de seguridad vial. Se recomiendan en las curvas C1, C3 y C5.		P - 61	35.00

Fuente: Elaboración propia.

5.7.1.3. Señales informativas

Cuadro 14: Señales informativas usadas en la vía proyectada.



TIPO DE SEÑAL	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	CODIGO	CANTIDAD
SEÑALES INFORMATIVAS Postes de kilometraje	Postes kilométricos se ubican con la finalidad de indicar la distancia respecto al punto de inicio de la vía (Km 0+000)		I- 2A	4.00
SEÑALES INFORMATIVAS Señales de dirección	Se ubica en parte de la vía cerca a este lugar, indicando dirección.		I- 5	1.00

Fuente: Elaboración propia.

5.7.2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

La conforman las demarcaciones en el pavimento como son las líneas horizontales, líneas transversales, símbolos, flechas y letras. Se constituye también de marcas elevadas en el pavimento, que tienen la función de complementar la función de las señales verticales, tal como dar instrucciones y mensajes.

Cuadro 15: Señalización horizontal utilizada en la vía proyectada.

TIPO DE SEÑAL	DISEÑO	DESCRIPCIÓN APLICADA AL PROYECTO
Línea de borde	 Blanca	Línea continua de 10 cm de ancho que tiene por función demarcar el borde de la calzada o superficie de rodadura del pavimento.
Línea central	 Amarilla - continua	Tiene por función separar los carriles de circulación de la calzada o superficie de rodadura de vías bidireccionales. Es continua cuando no es permitido cruzar al otro carril, por limitaciones de las características geométricas de la vía y/o su operación.

Fuente: Elaboración propia.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

1. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Debido a que nuestro objetivo principal es determinar que la propuesta de diseño geométrico y señalización mejore la infraestructura vial de la Ruta 107 Tramo: Bocapán – Suárez – Bocana de la red vial departamental Empalme PE-1N, se requiere realizar un diseño que cumpla con las normas del Manual de Diseño Geométrico de carreteras 2018 y el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, 2016.

2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Del Estudio de tráfico y demanda del proyecto se obtuvo un IMDA proyectado a 20 años de 216 veh/hr por cual la carretera se clasifico en tercera clase, con orografía del tipo 1 (plano), con un vehículo de diseño camión de 3E.

AÑO	Vehículos Ligeros					Vehículos Pesados							Total de Veh. Livianos	Total de Veh. Pesado	TOTAL
	L		M1			M2		N			O				
	Motocicleta	Trimoto	Moto Furgon	Station Wagon	Pick Up	Microbus	O. Urbano	Camion 2E	Camion 3E	Camion 4E	2S3	3S3			
r	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%	2.7%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%	4.8%			
2019	3	28	4	26	6	3	5	13	12	3	2	1	67	39	106
2020	3	29	5	26	6	3	5	14	13	3	2	1	69	41	110
2021	3	30	5	27	6	3	5	14	14	3	2	1	71	43	114
2022	4	31	5	28	6	3	6	15	14	4	2	1	73	45	118
2023	4	32	5	29	6	3	6	16	15	4	3	1	75	47	122
2024	4	32	5	29	6	3	6	17	16	4	3	1	77	49	126
2025	4	33	5	30	7	3	6	17	16	4	3	1	79	52	131
2030	4	38	6	35	7	4	8	22	21	5	4	1	91	66	156
2035	5	44	7	40	9	5	10	28	26	7	5	2	104	83	187
2039	6	49	8	44	10	7	12	34	32	8	6	2	115	100	216

Quiere decir que se tuvo que diseñar la carretera con una velocidad que cubra la demanda proyectada, y permita el diseño de elementos geométricos que mejor se adapten al terreno.

- El diseño horizontal cuenta con ocho curvas de radios mayores al radio mínimo y que cumplen con los parámetros del Manual DG 2018.

PUNTO	RUMBO	AZIMUT	Δ	SENTIDO	TIPO DE CURVA	LONGITUD DE TRAMO EN TANGENTE	CONTROL
A	S13.13°O	193.13 °	-	-	-	-	
PI1	S37.75°E	142.25 °	50.87°	IZQUIERDA	-	216.30	-
PI2	S4.09°O	184.09 °	41.84°	DERECHA	S	497.87	OK
PI3	S65.00°E	115.00 °	69.09°	IZQUIERDA	S	92.17	OK
PI4	N62.41°E	62.41 °	52.59°	IZQUIERDA	O	181.81	OK
PI5	S39.87°E	140.13 °	77.72°	DERECHA	S	583.74	OK
PI6	S84.34°E	95.66 °	44.47°	IZQUIERDA	S	213.05	OK
PI7	S36.50°E	143.50 °	47.84°	DERECHA	S	205.17	OK
PI8	S68.37°E	111.63 °	31.87°	IZQUIERDA	S	73.97	OK
B	N66.01°O	293.99 °	-	-	-	465.86	

TRAMO RECTO	LONGITUD (M)	CURVA	RADIO DE ENTRADA (M)	RADIO DE SALIDA (M)			OBSERVACIÓN
L3	92.17	PI2	250	Mín.	Máx.	Radio actual	ADECUADO
		PI3		160	469	200	
L4	181.81	PI3	200	Mín.	Máx.	Radio actual	ADECUADO
		PI4		131	332	200	
L8	73.97	PI7	150	Mín.	Máx.	Radio actual	ADECUADO
		PI8		100	232	100	

Fue necesario verificar la coordinación entre curvas circulares con tangente intermedia, menor a 200 m. Y como se observa los tramos rectos 3,4 y 8 cumplen con el radio adecuado.

- Para el diseño vertical cuenta con 17 curvas, de las cuales 9 son convexas y 8 cóncavas. El diseño de la rasante se desarrolló de tal forma que haya el mínimo movimiento de tierra.

PVI N°	Tipo de curva	Pendiente Entrada	Pendiente Salida	A (%)	Dp (m) (Tabla 303.02 Manual DG-2018)	Da (m) (Tabla 303.02 Manual DG-2018)	Long. en el diseño vertical (m)
INICIO	---	---	1.61%				
1	Convexa	1.61%	-0.51%	2.12	65.00	345.00	67.02
2	Cóncava	-0.51%	0.35%	0.86	65.00		65.00
3	Cóncava	0.35%	3.08%	2.73	65.00		65.00
4	Convexa	3.08%	-0.40%	3.48	65.00	345.00	114.00
5	Convexa	-0.40%	-1.23%	0.83	65.00	345.00	65.00
6	Cóncava	-1.23%	4.20%	5.43	65.00		75.00
7	Convexa	4.20%	-0.63%	4.83	65.00	345.00	150.00
8	Cóncava	-0.63%	2.01%	2.64	65.00		65.00
9	Convexa	2.01%	-1.46%	3.47	65.00	345.00	110.00

10	Cóncava	-1.46%	1.52%	2.98	65.00		65.00
11	Convexa	1.52%	-1.08%	2.60	65.00	345.00	80.00
12	Cóncava	-1.08%	1.03%	2.11	65.00		65.00
13	Convexa	1.03%	-0.35%	1.38	65.00	345.00	65.00
14	Cóncava	-0.35%	1.36%	1.71	65.00		65.00
15	Convexa	1.36%	-0.88%	2.24	65.00	345.00	68.00
16	Cóncava	-0.88%	1.40%	2.28	65.00		65.00
17	Convexa	1.40%	-0.86%	2.26	65.00	345.00	68.00
FINAL		-0.86%	-0.86%	---	---	---	---

En la tabla se puede ver que todas las longitudes son mayores a la distancia de visibilidad de parada, sin embargo no a la de paso, lo que quiere decir que en este tramo de la carretera no se permite adelantar. En la señalización se indicará las curvas donde se prohíbe adelantar.

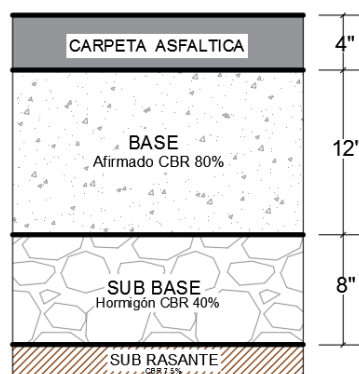
- Se diseñó un pavimento flexible con el método ASSHTO 93, y se obtuvo:
 - $a_1 = 0.170/\text{cm}$, Capa superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico.
 - $a_2 = 0.052/\text{cm}$, Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq 5'000,000$ EE.
 - $a_3 = 0.047/\text{cm}$, Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq 15'000,000$ EE.
- m_2 y $m_3 = 1.00$, valor de coeficiente de drenaje sugerido por Manual de Carreteras - Suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Valores asumidos para proyecto:

$$d_1 = 4''$$

$$d_2 = 12''$$

$$d_3 = 8''$$



- Para el cálculo de volúmenes se realizaron secciones cada 20 m para líneas en tangente y cada 10 m para curvas y espirales.

Resumen de volúmenes	
KM 0+00 - 10+00	7326.81 m ³
KM 10+10 - 20+00	17866.85 m ³
KM 20+20 - 30+00	26233.37 m ³
KM 30+10 - 40+20.02	37140.24 m ³

Todos los resultados son positivos, lo que quiere decir que habrá tierra excedente la cual se debe transportar fuera de la obra. En el diagrama de masas se observa que hasta la progresiva 28+00 hay un continuo excedente de material hasta que la dirección de la pendiente cambia, generando una falta de material que es compensada en la progresiva 29+50. Después de esta progresiva la pendiente siguió en subida, incrementando la cantidad de material excedente.

3. PRUEBA DE HIPOTESIS

La nueva propuesta de diseño geométrico y de señalización cumple con todos los parámetros del Manual de DG-2018 y Manual de Dispositivos de Control – 2016 y empalma con la carretera actual en el Km 40+39.44, mejorando así la infraestructura de la carretera en un 100%

Se garantiza que la infraestructura mantendrá su integridad estructural aunque sufra tensiones elevadas; y una ligera perturbación en las cargas o la geometría no producirán grandes fisuras. También podemos decir que será una vía segura porque tiene un trazo sencillo y está correctamente señalizada. De esta forma se comprueba que la hipótesis se cumplió.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

- Se realizó el proyecto del diseño geométrico de la carretera la Ruta 107 Tramo: Bocapán – Suárez – Bocana de la red vial departamental Empalme PE-1N teniendo como parámetros de diseño los más apropiados recomendados por el MTC, con ello se determinó una longitud total de 40+39.44 metros para todo el tramo.
- Se hizo el estudio de Mecánica de suelos con fines de pavimentación obteniéndose resultados previstos, debido a la inspección visual del terreno, el cual presenta un porcentaje de contenido de humedad de 11.1% y un CBR del 7.5.
Datos que se obtuvieron de la segunda muestra (Prof. 0.10 – 1.50) mediante el Ensayo de Proctor Modificado (ASTM D -1557) y el Ensayo de C.B.R. (AASHTO T 180 - D)
- Se elaboró el estudio de Transito de la zona, proyectado a 20 años y se obtuvo un IMDA de diseño de 216 veh/día.
Obtenido por la metodología de los conteos o aforo vehicular en la zona de estudio.
- Las curvas del diseño horizontal tienen radios mayores al R_{min} de 85 m. y las curvas verticales tienen una pendiente máxima de subida de 4.20%, se tiene un bombeo del 2% y para la berma del 4%. El ancho de calzada es de 6.60 m, de la berma es 1.20 m y se cuenta con sobreamanchos que van desde los 0.91 m y 1.62 m.
Estos parámetros se obtuvieron con ayuda del Manual de Diseño Geométrico 2018.
- Se ha diseñado la cuneta de sección triangular con un ancho 0.60 m y una altura de 0.30 m. En el movimiento de tierras se tiene que transportar fuera de la obra 37'140.24 m³.

Como el dimensionamiento de las cunetas es parte del estudio hidrológico e hidráulico de la vía, el cual no es parte del alcance de la presente tesis, se tomará en cuenta las dimensiones mínimas que recomienda el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Manual de Carreteras Peruano. En cuanto al movimiento de tierras se calculó mediante el método de las áreas.

- Para obtener los espesores del pavimento según la metodología AASHTO – 93, se realizaron ensayos de mecánica de suelos obteniendo las propiedades del suelo entre ellas la granulometría y CBR más desfavorable, permitiéndonos diseñar una sub base granular de 8”, base de 12” y capeta asfáltica de 4”.
- Con respecto a la señalización se obtuvo 05 señales informativas, 54 señales preventivas y 19 señales reglamentarias.
Con el fin de dotar a la carretera de una señalización adecuada y con el objetivo de evitar futuros accidentes de tránsito fue conveniente diseñarla con ayuda del Manual de Dispositivos de control de Tránsito 2016.

RECOMENDACIONES

- La carretera se ha diseñado a una velocidad de 50 Kph, debido a que permite el diseño de elementos geométricos que se adaptan mejor al terreno y debido a que la demanda es la adecuada para hacerla de 50 Kph. Es posible que en un futuro la demanda aumente considerablemente a partir de mejorar y rediseñar los tramos 1, 2, 3 y 4 de la vía existente.
- Resultaría sumamente importante realizar una evaluación económica a partir de del costo total del proyecto y sus características físicas, de modo que se concluya si el proyecto es rentable o no para el cliente (en este caso, el estado peruano). Queda como sugerencia que sea un próximo tema de tesis de pre grado.

- El uso del software Global Mapper ha ayudado en gran parte en la elaboración del proyecto, pues permite generar curvas de nivel a partir de imágenes satelitales de manera muy sencilla. El software ha permitido obtener la topografía del lugar, la cual brinda información muy aproximada, más no la más precisa ni exacta.
- Si bien se hace la mejor propuesta de seguridad vial a partir de la señalización, es obligación y deber de los usuarios de la vía asimilar la idea de conducir siempre de forma prudente. Muchos de los accidentes en carreteras es producto de malas maniobras de los conductores o irresponsabilidades escandalosas por parte de los usuarios, como son conducir en estado de ebriedad, conducir cansado y dormir al volante, adelantar en zonas prohibidas, etc.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWLES, J. E. (1988). *Foundation Analysis and Design*. Bogotá , Colombia: McGraw - Hill.
- Cárdenas Grisales, J. (1993). *Diseño Geométrico de Carreteras* (1era Edición ed.). Santafé de Bogotá: ECOE Ediciones. Universidad del Valle.
- Carrasco Osorio, A. (2009). *Infraestructura Vial Nacional Asociada a la Competitividad*. Tesis de Master en Ingeniería Civil, Universidad Privada de Piura, Lima, Lima.
- CEPLAN. (2011). *Plan Bicentenario. El Perú hacia el 2021*. Lima. Lima: Jessica Mc Lauchlan. Obtenido de 978-612-45549-4-0
- Choctalin Tuesta, E., & Guevara Trujillo, J. (2016). *Diseño de la carretera San Bartolo, Maraypata, Agua Santa, Distrito de Santo*. La Libertad. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo .
- Comunicaciones, M. d. (2019). *Carriles y Ferrocarriles / Renac*. Lima, Lima. Obtenido de <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/renac.html>

- Comunicaciones, M. d. (2019). *Caminos y Ferrocarriles / Clasificador de Rutas*. Lima, Lima.
- DAS, B. M. (2013). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA*. MEXICO, D.F.: CENGAGE LEARNING.
- Delzo Cuyubamba, F. D. (2018). *Propuesta de Diseño Geométrico y Señalización del Tramo 5 de la Red Vial Vecinal empalme Ruta AN-111 - Tingo Chico, provincias de Huamalés y dos de Mayo, departamento de Huánuco*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Fienco Jalca, M. A., Bravo Mera, B. S., Guachisaca Contento, V. E., Jaramillo Pintado, E. A., & Fienco Jalca, V. E. (2017). Elementos Originales en el Diseño Geométrico de Carreteras. *Ciencias*, 14. doi:978-84-947995-2-5
- Gobierno Regional de Tumbes. (Abril de 2004). *Estudio de Diagnóstico y Zonificación de Contralmirante Villar*. Tumbes, Tumbes.
- Gonzales, J. R. (2017). *Del concepto de ingeniería de tránsito*. Bogotá: Ambiente y desarrollo.
- Hudiel, S. N. (2017). *Diseño y Cálculo Geométrico de Viales*. Estelí - Nicaragua .
- Leclair, R. (2004). *Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*. Manual Centroamericano, PROALCA II, SIECA, Guatemala. doi: 596-0184.20
- Loya, N. A. (2017). *Investigación de Operaciones 1*. Centro Cultural Universitario .
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Dispositivos de Control de Transito Automotor para calles y carreteras*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico, DG - 2018*. Lima.
- MIRE - CASITAS. (2018). *Plan de Gobierno Municipal 2019 -2022 Distrito de Casitas*. Tumbes, Tumbes. Recuperado el 30 de Marzo de 2019

- Morales Abanto, C. (2017). *Diseño Geométrico y medición de niveles de servicio esperado del tramo crítico de la Ruta N° LM-122*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- MTC. (2018). *Red Vial Existente del Sistema Nacional de Carreteras, según Departamento: 2010-2018*. Lima. GTT.
- Reyes Spíndola, R. C., & Cárdenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y aplicaciones* (Vol. VIII). México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. doi:ISBN:978-970-15-1238-8
- Rodríguez, J. (5 de Octubre de 2017). Tumbes: Nueve caseríos del distrito de Casitas quedan aislados por las fuertes lluvias. Tumbes, Perú: Diario Correo. Recuperado el 30 de Marzo de 2019, de <https://diariocorreo.pe/edicion/tumbes/tumbes-nueve-caserios-del-distrito-de-casitas-quedan-aislados-por-las-fuertes-lluvias-729042/>
- Rojas Suca, E., & Rojas Suca, F. (2015). *Grado de Precisión en el Diseño Geométrico de una carretera, utilizando modelo digital de terreno de Google Earth y GPS diferencial, en camaná - Quilca*. Juliaca: Universidad Andina Nestor Cáceres Velásquez.
- Saldaña Yáñez, P. B., & Mera Monsalve, S. E. (2014). *Diseño de la Vía y Mejoramiento hidráulico de obras de arte en la carretera Loero - Jorge Chavez, inicio en el KM 7.5, Distrito de Tambopata, Región Madre de Dios*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- WHITMAN, .. W. (2004). *MECANICA DE SUELOS*. México: Limusa: Noriega Editores. doi:ISBN 968-18-1894-6

5. ANEXOS

ANEXO N° 1
PENDIENTE TRANSVERSAL

ANEXO N° 2
ESTUDIO DE TRÁFICO Y DEMANDA DEL
PROYECTO

ANEXO N° 3
ESTUDIO DE SUELOS

ANEXO N° 4
CÁLCULO DE PERALTES

ANEXO N° 5
CÁLCULO DE VOLÚMENES DE CORTE Y
RELLENO

ANEXO N° 6
PANEL FOTOGRAFICO

ANEXO 6.1

Fotografía N°4: Señalización en mal estado



Fuente: Propia

ANEXO 6.2

Fotografía N°5: Vehículo de diseño



Fuente: Propia

ANEXO 6.3

Fotografía N°6: Pérdida de sección vial.



Fuente: *Propia*

ANEXO N° 7

PLANOS

INDICE

T1 : *Topografía*

DG-01 al DG-04 : *Diseño geométrico, Perfil y Sección típica*

ST-01 al ST-04 : *Secciones transversales*

S-01 al S-02 : *Señalización*