

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS
GEOMÉTRICAS Y SEÑALIZACIÓN VIAL DE LA CARRETERA
CAJAMARCA – OTUZCO CON LAS NORMAS DG - 2018”**

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CARLOS ALBERTO CERCADO LLANOS

ASESOR

Ing. EVER RODRÍGUEZ GUEVARA

CAJAMARCA – PERÚ

2021

Copyright © 2019 by
Carlos Alberto Cercado Llanos
Todos los derechos reservados.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi asesor: Ing. Ever Guevara Rodríguez por orientarme a culminar con éxito el presente informe de tesis.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma han colaborado con la realización de este proyecto de tesis.

CARLOS CERCADO.

DEDICATORIA

A Mis Padres, María y Santiago.

Por darme la vida y ser los pilares fundamentales en mi vida, por el amor que siempre me han brindado, por sus sabios consejos y su comprensión, por cultivar e inculcar ese sabio don de la puntualidad y responsabilidad.

A Mi Esposa e Hija

Emely y Brianna. Que con su constante apoyo y confianza en mí en todo momento, me llena de fuerza y motivación para seguir luchando día a día.

CARLOS CERCADO.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.4. HIPÓTESIS GENERAL	2
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL A INVESTIGACIÓN	3
1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.7. OBJETIVOS	3
1.7.1. OBJETIVO GENERAL	3
1.7.2. OBETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.8. DESCRIPCIÓN DE CAPITULOS.....	4
CAPITULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	5
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL.....	5
2.1.2. A NIVE NACIONAL	6
2.1.3. A NIVEL LOCAL	7
2.2. BASES TEÓRICAS	8
2.2.1. CARRETERA	8
2.2.2. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VIA	8
2.2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.....	8
2.2.4. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS.....	8
2.2.4.1. De acuerdo a la demanda:	8
2.2.4.2. Clasificación por orografía:.....	10
2.2.5. CARACTERÍSTICAS DE TRÁNSITO	10

2.2.5.1.	Índice medio diario anual (IMDA)	11
2.2.5.2.	Clasificación por tipo de vehículo de diseño	11
2.2.5.3.	Crecimiento del tránsito.....	13
2.2.6.	VELOCIDAD DE DISEÑO	14
2.2.7.	DISTANCIA DE VISIBILIDAD.....	15
2.2.7.1.	Distancia de visibilidad de parada	15
2.2.7.2.	Distancia de visibilidad de paso.....	19
2.2.8.	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.....	20
2.2.8.1.	Consideraciones para el alineamiento horizontal	21
2.2.8.2.	Tramos en tangente	21
2.2.8.3.	Curvas circulares.....	22
2.2.8.4.	Radios de diseño.....	23
2.2.8.5.	Curvas de vuelta	25
2.2.8.6.	Sobreechanco.....	25
2.2.9.	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL	26
2.2.9.1.	Consideraciones De Diseño	26
2.2.9.2.	Pendiente.....	27
2.2.9.3.	Curvas Verticales	28
2.2.9.3.1.	Tipos De Curva Vertical.....	28
2.2.9.3.2.	Longitud De Curvas Convexas	28
2.2.9.3.3.	Longitud De Curvas Cóncavas	30
2.2.10.	DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	31
2.2.10.1.	Calzada o Superficie de Rodadura.....	31
2.2.10.2.	Bermas.....	32
2.2.10.3.	Bombeo.....	33
2.2.10.4.	Peralte.....	33
2.2.10.5.	Taludes	36
2.2.10.6.	Cunetas.....	37
2.2.11.	SEÑALIZACIÓN.....	38

2.2.11.1.	SEÑALES VERTICALES.....	38
2.2.11.2.	SEÑALES HORIZONTALES.....	49
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	54
CAPÍTULO III.....		56
MATERIALES Y MÉTODOS		56
3.1.	UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO	56
3.1.1	UBICACIÓN POLÍTICA	56
3.1.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	57
3.2.	TIEMPO DE REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	58
3.3.	METODOLOGÍA	58
3.3.1.	TIPO, NIVEL DE DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	58
3.3.2.	POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	58
3.3.3.	MUESTRA.....	58
3.3.4.	UNIDAD DE ANÁLISIS.....	58
3.4.	MATERIALES E INSTRUMENTOS.....	58
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	58
3.6.	PROCEDIMIENTO.....	59
3.6.1.	Reconocimiento de la zona.....	59
3.6.2.	Levantamiento Topográfico	59
3.6.3.	Aforo de tránsito vehicular.....	60
3.6.4.	Trabajo de gabinete	60
CAPÍTULO IV.....		61
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		61
4.1.	DATOS TOPOGRÁFICOS	61
4.2.	DISEÑO GEOMÉTRICO	61
4.2.1.	CLASIFICACIÓN DE LA VÍA.....	61
4.2.1.1.	Clasificación por demanda	61
4.2.2.	CARACTERÍSTICAS DE TRÁNSITO	62
4.2.2.1.	Índice medio diario anual de tránsito (Imda)	62
4.2.2.2.	Clasificación por Orografía	64

4.2.3.	VEHÍCULO DE DISEÑO	74
4.2.4.	VELOCIDAD DE DISEÑO (V)	77
4.3	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA O ALINEAMIENTO HORIZONTAL	77
4.3.1.	TRAMOS EN TANGENTE.....	79
4.3.2.	CURVAS CIRCULARES	81
4.3.2.1.	RADIOS MÍNIMOS.....	81
4.3.2.2.	LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL.....	82
4.4.	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL	84
4.4.1.	PENDIENTE.....	84
4.4.2.	CURVAS VERTICALES	85
4.4.2.1.	Distancias de visibilidad de parada	85
4.4.2.2.	Distancias de visibilidad de paso o adelantamiento.....	85
4.4.2.3.	Curvas verticales convexas.....	856
4.4.2.4.	Curvas verticales cóncavas.....	85
4.5.	DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES	90
4.5.1.	CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA.....	90
4.5.2.	BERMAS	911
4.5.3.	BOMBEO	92
4.5.4.	PERALTE.....	92
4.5.5.	SOBREANCHO.....	96
4.6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	98
4.6.1.	ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.....	96
4.6.2.	ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL.....	969
4.6.3.	ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL..	96
4.6.4.	SEÑALIZACIÓN.....	102
4.6.4.1.	ANÁLISIS DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL	96
4.6.4.2.	SEÑALIZACIÓN VERTICAL PROPUESTA.....	96
4.6.4.3.	SEÑALES HORIZONTALES	112

4.7.	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	113
4.8.	PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	113
4.8.1.	FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	113
4.8.2.	COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	115
4.8.3.	BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA	122
CAPÍTULO V	.....	123
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	.....	123
5.1. CONCLUSIONES	.....	123
5.2. RECOMENDACIONES	.....	125
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	126
ANEXOS.....	.....	127
ANEXO A.....	.....	128
PANEL FOTOGRÁFICO .....	.....	128
ANEXO B.....	.....	136
PLANO DE UBICACIÓN .....	.....	136
ANEXO C.....	.....	137
PLANO CLAVE .....	.....	137
ANEXO D.....	.....	138
PLANOS PLANTA PERFIL .....	.....	138
ANEXO E.....	.....	139
PLANOS SECCIONES TÍPICAS.....	.....	139
ANEXO F .....	.....	140
PLANOS SECCIONES TRANVERSALES .....	.....	140
ANEXO G .....	.....	1401
PLANO DE SEÑALIZACIÓN.....	.....	1401

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2. 1. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.	14
Tabla 2. 2. Distancias de visibilidad de parada (metros), en pendiente 0%	17
Tabla 2. 3. Distancias de visibilidad de parada con pendiente (metros).....	17
Tabla 2. 4. Longitud mínima de curva.....	21
Tabla 2. 5. Longitudes de tramos en tangente	22
Tabla 2. 6. Elementos de curvas horizontales simples.....	23
Tabla 2. 7. Radios mínimos y peraltes máximos para carreteras.....	24
Tabla 2. 8. Valores de pendientes máximas (%).....	27
Tabla 2. 9. Anchos mínimos de calzada en tangente	32
Tabla 2. 10. Ancho de bermas	33
Tabla 2. 11. Valores Del Bombeo De La Calzada.....	33
Tabla 2. 12. Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte.....	34
Tabla 2. 13. Valores De Peralte Máximo.....	34
Tabla 2. 14. Peralte Mínimo	35
Tabla 2. 15. Valores referenciales para taludes en corte (h:v).....	37
Tabla 2. 16. Taludes referenciales en zonas de relleno.....	37
Tabla 3. 1. Coordenadas UTM y Geográficas	57
Tabla 4. 1. Índice medio diario	63
Tabla 4. 2. Pendientes transversales de la carretera.....	64
Tabla 4. 3. Clasificación por Orografía	74
Tabla 4. 4. Tráfico por tipo de Vehículo.....	74
Tabla 4. 5. Tráfico Vehículos pesados.....	75
Tabla 4. 6. Equivalencias de carga.....	76
Tabla 4. 7. Velocidad de Diseño.....	77
Tabla 4. 8. Elementos de curva.....	78
Tabla 4. 9. Evaluación de Longitud en tramos en tangente	80
Tabla 4. 10. Evaluación del Radio mínimo.....	81
Tabla 4. 11. Evaluación de longitud de curva.....	83
Tabla 4. 12. Pendiente Máxima	84

Tabla 4. 13. Evaluación de Pendientes	84
Tabla 4. 14. Curvas Verticales Existentes	86
Tabla 4. 15. Cálculo de Longitud Mínima de Curvas Verticales (Dp)	87
Tabla 4. 16. Cálculo de Longitud Mínima de Curvas Verticales (Da)	888
Tabla 4. 17. Evaluación de Longitud Mínima de Curvas Verticales	89
Tabla 4. 18. Ancho de Calzada	90
Tabla 4. 19. Ancho de Bermas	91
Tabla 4. 20. Evaluación de Ancho de Calzada y Bermas	91
Tabla 4. 21. Peraltes medidos en curvas horizontales.	92
Tabla 4. 22. Peraltes mínimos calculado en curvas horizontales.....	94
Tabla 4. 23. Evaluación de peraltes existentes en curvas horizontales.....	95
Tabla 4. 24. Evaluación de Sobreancho	97
Tabla 4. 25. Evaluación Señales Reglamentarias	102
Tabla 4. 26. Evaluación Señales Preventivas.....	102
Tabla 4. 27. Evaluación Señales Informativas	104
Tabla 4. 28. Señales reglamentarias verticales	110
Tabla 4. 29. Características Técnicas de Diseño.....	114
Tabla 5. 1. Resumen de Evaluación parámetros de Diseño	123
Tabla 5. 2. Resumen de Evaluación Señalización Vial	124

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2. 1. Distancia de Visibilidad de Parada.....	18
Figura 2. 2. Distancia de visibilidad de adelantamiento	19
Figura 2. 3. Distancia de sobrepaso	20
Figura 2. 4. Elementos de una curva simple	22
Figura 2. 5. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada.....	29
Figura 2. 6. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de paso	30
Figura 2. 7. Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas	31
Figura 2. 8. Peralte en zona rural (Tipo 1,2 ó 3).....	35
Figura 2. 9. Sección transversal típica en tangente.....	36
Figura 2. 10. Ejemplo de Ubicación Lateral	40
Figura 2. 11. Señales de prioridad	41
Figura 2. 12. Señales de prohibición de maniobras y giros	41
Figura 2. 13. Señales de prohibición de paso por clase de vehículo.....	42
Figura 2. 14. Otras señales de prohibición.....	42
Figura 2. 15. Señales de restricción	43
Figura 2. 16. Señales de obligación	43
Figura 2. 17. Señales de autorización	44
Figura 2. 18. Señales preventivas – curvatura horizontal	45
Figura 2. 19. Señales preventivas – pendiente longitudinal.....	45
Figura 2. 20. Señales preventivas por características de la superficie de rodadura	45
Figura 2. 21. Señales preventivas por restricciones físicas de la vía	46
Figura 2. 22. Señales preventivas de intersección con otras vías	46
Figura 2. 23. Señales preventivas por características operativas de la vía	47
Figura 2. 24. Señales preventivas para emergencias y situaciones especiales.....	47
Figura 2. 25. Señales de identificación vial	48
Figura 2. 26. Señales informativas de servicios generales.....	49
Figura 2. 27. Señales turísticas	49
Figura 2. 28. Línea de borde de calzada	51

Figura 2. 29. Línea de carril segmentada	51
Figura 2. 30. Línea central	51
Figura 2. 31. Línea central combinada o mixta	52
Figura 2. 32. Línea continua doble	52
Figura 2. 33. Línea de pare	53
Figura 2. 34. Líneas de cruce peatonal	53
Figura 3. 1. Ubicación geográfica del Proyecto.....	56
Figura 3. 2. Ubicación Carretera en Estudio.....	57
Figura 4. 1. Tipo de vehículo de diseño C2	76

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo determinar y comparar las características geométricas y señalización vial de la carretera Cajamarca - Otuzco (Km 00.0+000 – Km 06+788), de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2018.

La carretera en estudio presenta una **topografía plana (Tipo 1)**, la cual consta de una longitud de 06+788 Km. Y un ancho promedio de calzada de 7.50 m, el mismo que está conformado por 41 curvas horizontales, 29 curvas verticales.

De acuerdo a la composición del tráfico el vehículo de diseño para el presente estudio corresponde a un **camión C2**.

La evaluación del tráfico se determinó con el aforo vehicular; el cual se obtuvo el **IMDA= 1931 veh/día**, de acuerdo a la demanda la carretera se clasifica dentro de una **carretera de segunda clase**, con esta información y teniendo como referencia a la normatividad del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018 se pudo determinar la velocidad de diseño equivalente a **60 Km/h**.

Posteriormente se procedió a realizar el análisis y comparación de las características geométricas obtenidas en planta, perfil, secciones transversales y la señalización vial, la cual se determinó que las Longitudes de Tramos en Tangente 22 cumple y 19 no cumplen, en Radios Mínimos 9 cumple y 32 no cumple, en Pendiente Longitudinal 27 cumple y 3 no cumplen, en Longitud de Curva Vertical 15 cumple y 14 no cumple, Ancho de Calzada 3.00 Km cumple y 3.79 Km no cumple, en Ancho de Berma 6.79 km no cumple, en Peralte en las 41 curvas no cumple, en Sobreanchos en 1 cumple y en 40 curvas no cumple. Así mismo la carretera no cumple con la señalización vertical y horizontal como: señales preventivas tipo (P-2A/B) en curvas con radios mínimos C2, C5, C6, entre otros y marcas en el pavimento.

Finalmente se determinó que la carretera **Cajamarca - Otuzco (Km 00.0+000 – Km 06+788)**, no cumple con los parámetros de Diseño Geométrico como: Radio Mínimo, Longitud de Curva, Ancho de Calzada, Bermas, Peralte, Sobreancho, entre otros; dispuestos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018, por lo que se plantea mejorar las características geométricas e incorporación de señales verticales de todo el tramo de la carretera en estudio a fin de garantizar un tránsito cómodo y seguro.

Palabras Claves: Características Geométricas, Señalización Vial, Normatividad vial.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine and compare the geometric characteristics and road signs of the highway Cajamarca – Otuzco (Km 00.0 + 000 - Km 06 + 788), in accordance with the Manual of Geometric Design of Roads DG - 2018.

The road under study presents a flat topography (Type 1), which consists of a length of 06 + 788 km. And an average width of road of 7.50 m, which is made up of 41 horizontal curves, 29 vertical curves.

According to the composition of the traffic, the design vehicle for the present study corresponds to a C2 truck.

The traffic evaluation was determined with the vehicle capacity; which the IMDA = 1931 veh / day was obtained, verifying that we have a road with a second class classification, with this information and with the help of the DG-2018 Design Manual it was possible to determine the design speed equivalent to 60 Km / h.

Subsequently, the analysis and comparison of the geometric characteristics obtained in plan, profile, cross sections and road marking was carried out, which determined that the Lengths of Sections in Tangent 22 comply and 19 do not comply, in Minimum Radius 9 complies and 32 does not comply, in Longitudinal Slope 27 complies and 3 does not comply, in Vertical Curve Length 15 complies and 14 does not comply, Road Width 3.00 Km complies and 3.79 Km does not comply, in Berm Width 6.79 km does not comply, in Superelevation in the 41 curves does not comply, in Widening in 1 it complies and in 40 curves it does not comply. Likewise, the road does not comply with vertical and horizontal signaling such as: preventive signs type (P-2A / B) in curves with minimum radius C2, C5, C6, among others and marks on the pavement.

Finally, it was determined that the Cajamarca - Otuzco highway (Km 00.0 + 000 - Km 06 + 788), does not comply with the parameters of the Geometric Design such as: Minimum Radius, Curve Length, Road Width, Bermas, Peralte, Ensanche, among others ; foreseen in the DG-2018 Geometric Design Manual of Roads, which is why it is proposed to improve the geometric characteristics and incorporate vertical signaling of the entire section of the road under study in order to guarantee comfortable and safe traffic.

Keywords: Geometric Characteristics, Road Signs, Road Regulations.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de toda la historia, uno de los problemas primordiales del país ha sido y es la infraestructura vial. Actualmente no contamos con una red vial adecuada para cubrir las necesidades existentes en nuestras ciudades, especialmente en distritos y centros poblados.

Al aumentar día a día la población en nuestro país se incrementa igualmente la cantidad y uso del vehículo, creando la necesidad de construir, ampliar o mejorar las carreteras. Igualmente, la evolución que en los últimos años han tenido los vehículos de transporte automotor, con capacidad mayor y con velocidades más elevadas, impone a las carreteras el cumplimiento de las normas técnicas actuales, de tal modo que la vía sea cómoda y segura. (Agudelo Ospina, 2002)

Por ello, en la presente tesis se elabora un estudio que analiza y compara los distintos parámetros del Diseño Geométrico y Señalización Vial de la carretera Cajamarca - Otuzco (Km 00.0+000 – Km 06+788), con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018, aplicando los conocimientos adquiridos durante la formación profesional para la solución de problemas relacionados con la infraestructura vial, mediante la metodología descriptiva-comparativa.

A continuación, se describe de manera general el procedimiento realizado para ejecutar el presente informe de tesis.

Se determinó las características geométricas de la carretera en estudio mediante el levantamiento topográfico, que consistió en tomar puntos del eje de la vía, borde de plataforma, cunetas y predios existentes.

Así mismo se procedió al aforo vehicular por día, para realizar el análisis de tráfico y determinar el vehículo de diseño y clasificación de la vía.

Luego de ello se procesa toda la información obtenida en campo, realizando el modelamiento de la carretera, tanto en planta, perfil y secciones transversales.

Mediante hojas de cálculo se elabora el análisis y la comparación de las características geométricas de la carretera en estudio con las normas estipuladas en el Manual de Carreteras DG – 2018.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño geométrico es una de las partes más importante de un proyecto de carreteras que a partir de factores como el tránsito, topografía, velocidad se configura su forma definitiva de modo que satisfaga de la mejor manera aspectos como la comodidad, funcionalidad y seguridad. (Agudelo Ospina, 2002)

La carretera Cajamarca - Otuzco, es una carretera asfaltada que forma parte de la red vial vecinal; la cual no presenta una buena configuración geométrica y señalización vial de acuerdo a las normas actuales establecidas para su diseño por lo que no se puede circular de manera cómoda y segura.

Por tal motivo surge la necesidad de realizar una evaluación de las características geométricas y señalización vial de la carretera Cajamarca – Otuzco (Km 00+000-Km 06+788), mediante un estudio descriptivo-comparativo con el Manual de Diseño Geométrico DG-2018.

El estudio consiste en determinar las características geométricas y señalización vial que presenta dicha carretera, a fin de verificar si la carretera cumple con los parámetros que establece el Manual de Diseño Geométrico DG-2018 y posteriormente proponer soluciones de acuerdo a los resultados obtenidos.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema que da origen a la siguiente investigación se formula así:

¿Las Características Geométricas y Señalización Vial de la Carretera Cajamarca – Otuzco (Km 00+000 – Km 06+788), cumplen con los parámetros de diseño dispuesto en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018?

1.4. HIPÓTESIS GENERAL

Las características geométricas y señalización vial de la carretera Cajamarca - Otuzco (Km 00.0+000 – Km 06+788), no cumple con los parámetros de diseño en planta, perfil y sección transversal establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de la infraestructura vial constituye la principal estrategia de desarrollo del país; mejorando la competitividad nacional a través de la construcción de carreteras que permiten la movilidad de transporte de carga, de comercio y que conectan a principales centros turísticos; en este caso como a las “ventanillas de Otuzco”.

Además, debido a la preocupación que en la mayoría de localidades donde se han construido carreteras, y viendo que en la mayoría de estas no se cumple con los parámetros de diseño estipulados en el reglamento. Es por eso que con la ejecución del presente trabajo de investigación se propone evaluar las características geométricas y señalización vial de la carretera **Cajamarca – Otuzco (Km 00.0+000 – Km 06+788)** con el fin de identificar los elementos que no cumplen las especificaciones de las normas DG – 2018 y ver en qué aspectos se podrían mejorar estos parámetros geométricos. Para así, evitar la inseguridad e incomodidad en la carretera.

1.6. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis tiene como fin principal comparar las características geométricas y señalización vial de la carretera Cajamarca - Otuzco (Km 00.0+000 – Km 06+788) distrito de Baños del Inca de la provincia y departamento de Cajamarca, con el Manual de Diseño Geométrico DG – 2018, determinando si la vía existente cumple con los parámetros de diseño geométrico para tener una carretera cómoda y segura.

Se busca establecer una línea de investigación en la Facultad de Ingeniería con el propósito de que permita una secuencia en la evaluación de las carreteras, para que mejore el diseño y construcción de las carreteras y por tanto la calidad de estas.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar y comparar las características geométricas y señalización vial de la carretera Cajamarca - Otuzco (Km 00.0+000 – Km 06+788), de acuerdo con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2018.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio de tráfico.
- Determinar las características geométricas de la carretera Cajamarca – Otuzco a través del levantamiento topográfico.
- Comparar las características geométricas de la carretera con los parámetros de diseño establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018.
- Evaluar la señalización en función a las características geométricas de la carretera.
- Proponer la alternativa de solución buscando el mejoramiento de las características geométricas de la carretera actual.

1.8. DESCRIPCIÓN DE CAPITULOS

La tesis se ha dividido en cinco capítulos:

El primero capítulo es competente a la introducción, el planteamiento y formulación del problema, justificación y alcances de la investigación, así como los objetivos generales y específicos.

El segundo capítulo explica el marco teórico, donde se define el concepto de diseño geométrico, carretera, su clasificación y se describe los parámetros de diseño analizados tanto en planta, perfil, como sección transversal respectivamente.

El tercer capítulo se describe la metodología, ubicación de la zona de estudio, materiales e instrumentos, descripción y aplicación del método utilizado

En el cuarto capítulo se plasma el análisis comparativo de las características geométricas de la carretera en estudio con el Manual de Carreteras DG-2018, análisis y discusión de resultados.

En el quinto capítulo se plantean las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó después de la investigación comparativa realizada, luego esta las referencias bibliográficas y los anexos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

- Peña Olaya, Suarez Tinjacá, (2015).| En su investigación “Análisis de la incidencia del diseño geométrico y la señalización vial en el índice de accidentalidad en la vía Mosquera –la Mesa”, Universidad Nueva Granada, Bogotá –Colombia.

Realizan un estudio en la vía Mosquera la mesa comprendida entre el tramo km 82+800 hasta el km 83+800, teniendo como objetivo analizar la implicancia que tiene el diseño geométrico de vías y la señalización en el grado de accidentabilidad del tránsito. El análisis del diseño geométrico y la señalización vial del tramo en estudio está basado el Manual de Diseño Geométrico de Vías del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte de Colombia. De la investigación se llega a la conclusión de que la carretera en estudio presenta un ancho de calzada al límite inferior, presentando así restricciones de adelantamiento en todo su trayecto y debido a que presenta una gran cantidad de curvas horizontales en su desarrollo, pueden ocasionar muchos accidentes por invasión de carril.

- Liz Maydolly Barrera Ardila, (2012) “PARÁMETROS DE SEGURIDAD VIAL PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS” Universidad Pontificia Bolivariana – Bucaramanga, Colombia.

Esta investigación presenta parámetros a tener en consideración para el diseño geométrico de carreteras, obteniéndose un grado de seguridad vial óptimo. Los mismos son analizados y explicados con detenimiento, mostrando su importancia en la infraestructura vial. Para ello, es relevante describir las posibles causas de riesgo y accidentalidad que se pueden presentar ante la omisión de los mismos, con lo que también resulta importante exponer la responsabilidad ingenieril ante la consideración de estos elementos, haciendo clara la necesidad de considerar una verdadera gestión de seguridad.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

- Galán, F; Quispe, E, (2018). En su investigación “Evaluación de las Características Geométricas de la Carretera Huaraz – Pinar, Aplicando las Normas del M.T.C., En Independencia, Huaraz, Ancash, 2018” realizan un estudio descriptivo de las características geométricas de la carretera Huaraz – Pinar, aplicando los parámetros mínimos exigidos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2001, de esta manera los investigadores pretenden dar una alternativa de solución del diseño geométrico de la carretera en estudio finalmente los investigadores llegan a la conclusión de que de los 33 tramos tangentes que presenta la carretera, solo un tramo está diseñado con la longitud mínima, todos los tramos poseen bombeo, siendo el bombeo mínimo de 1% , los tramos en curva o curvas circulares solo el 32% cumple con poseer radios mayores que el mínimo, todas las curvas son peraltadas, con valores que varían desde 2% hasta 9%, cumpliendo con lo indicado en el Manual de carreteras DG– 2001,. En el alineamiento vertical se determinó que 23% de los tramos posee una pendiente no funcional (mayor a 8%), en cuanto a las distancias de visibilidad de parada y paso, se tiene que al evaluar las distancias de visibilidad en planta el 58% de las curvas necesita el empleo de banquetas de visibilidad por no cumplir con la distancia de visibilidad de parada y que el 30.5% de la carretera presenta distancia mínima de adelantamiento (en 3 tramos); lo cual cumple con el DG - 2001, que nos indica que para la carretera en estudio el porcentaje de visibilidad adecuada para adelantar es de 25% como mínimo, las distancias de visibilidad en perfil en curvas cóncavas y convexas, todas cumplen con la distancia mínima de visibilidad de parada, pero solo 1 de las 7 curvas convexas cumple con la distancia de visibilidad de adelantamiento.
- García Figueroa, Lidén Oblitas (2016), En su Tesis Titulado “Evaluación del Diseño Geométrico de la carretera Casma –Huaraz, Tramo KM 135+000 al Km 145+600, Aplicando el Manual de Diseño Geométrico DG -2014 año 2016”.
La presente investigación de esta tesis fue evaluar desde el punto de vista técnico – ingenieril, el diseño geométrico que es la parte más importante de una infraestructura vial, desde la concepción de la idea y hasta la materialización de una obra civil. El diseño geométrico es iterativo, donde se va construyendo la geometría de la carretera a través de un modelo espacial que continuamente se evalúa, según todas las condicionantes y objetivos del diseño, para proceder a introducir modificaciones continuas en el mismo, buscando la optimización de la realidad física y funcional final; en consecuencia la investigación de la presente tesis está dirigida a la evaluación de la carretera Casma-Huaraz, tramo km135+000

– km 145+600; permitiendo una investigación descriptiva sobre el estado actual del tramo en mención. La problemática pone en manifiesto de conocer una realidad de las características geométricas de la vía existente, donde los resultados serán contrastados con manual de carreteras Diseño Geométrico DG-2014, al año 2016.

2.1.3. A NIVEL LOCAL

- Chingay Paredes Lesly Jhulisa (2017), En su Tesis Titulada “Características Geométricas de la Carretera Sunuden – San Miguel para la Seguridad Vial en Base a la Norma de Diseño Geométrico DG-2014”. La presente investigación tuvo como objetivo principal verificar las características geométricas de la carretera Sunuden - San Miguel, con los parámetros de la norma DG-2014 para la seguridad vial. Al realizar la clasificación de la carretera se obtuvo que es de tercera clase, con orografía accidentada y que pertenece a la red vial departamental (ruta CA-103). Esta carretera ha sido diseñada con una velocidad de 30 km/h. Para la investigación se han evaluado los siguientes parámetros: longitudes tangentes, radios en curvas horizontales, curvas de transición, sobreanchos, visibilidad, peraltes, pendientes, ancho de calzada, berma y bombeo. Para obtener las características geométricas actuales, se realizó el levantamiento topográfico con GPS diferencial y luego se procedió a verificar cada característica con lo determinado en la DG-2014, llegando a obtener los siguientes resultados: para verificación de longitudes tangente S, cumplen 10 tramos y no cumple 53; en tramos tangente O, cumplen 3 y no cumplen 56; radios en curvas circulares, cumplen 109 curvas y no cumplen 13; visibilidad de parada en el trazo en planta, cumplen 21 tramos y no cumplen 101; visibilidad de paso en el trazo en planta, cumplen 2 tramos y 120 no 10 cumplen; peraltes, si cumplen 22 y no cumplen 100; visibilidad de parada en el perfil, todos los tramos son visibles; visibilidad de paso en perfil, cumplen 10 tramos y 11 no cumplen; pendientes, 41 cumplen y 3 no cumplen; el ancho de calzada, no cumple. Como resultado final se ha obtenido que en la mayoría de las características de la carretera no cumplen con la norma DG-2014 y esto genera que la carretera no sea segura y cómoda de transitar.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CARRETERA

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de una franja de terreno denominado derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad. (Cárdenas Grisales , 2013)

2.2.2. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VIA

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

2.2.3. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente.

El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018)

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

2.2.4.1. De acuerdo a la demanda:

Según la cantidad de demandantes que estas presentan. Éstas a su vez se clasifican en:

- a) **Autopistas de primera clase:** Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6.000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6,00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.

- b) **Autopistas de segunda clase:** Son carreteras con un IMDA entre 6.000 y 4.001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6,00 m hasta 1,00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3,60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- c) **Carreteras de primera clase:** Son carreteras con un IMDA entre 4.000 y 2.001 veh/día, de con una calzada de dos carriles de 3,60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- d) **Carreteras de segunda clase:** Son carreteras con IMDA entre 2.000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3,30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada.
- e) **Carreteras de tercera clase:** Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3,00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2,50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase.
- f) **Trochas carrozables:** Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4,00 m, en cuyo caso se construirá

ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

2.2.4.2. Clasificación por orografía:

Según el tipo de orografía que presenta el terreno por donde irá el trazado. Éstas a su vez se clasifican en:

- a) **Terreno plano (tipo 1):** Tiene pendientes transversales al eje de la vía menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazado.
- b) **Terreno ondulado (tipo 2):** Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.
- c) **Terreno accidentado (tipo 3):** Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.
- d) **Terreno escarpado (tipo 4):** Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazado. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 12-14)

2.2.5. CARACTERÍSTICAS DE TRÁNSITO

Las características y el diseño de una carretera deben basarse, explícitamente, en la consideración de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial. El volumen de tránsito indica la necesidad de la mejora y afecta directamente a las características de diseño geométrico como son el número de carriles, anchos, alineaciones, etc.

Conjuntamente con la selección del vehículo de proyecto, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base de estudio de

tráfico y sus proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial.

2.2.5.1. Índice medio diario anual (IMDA)

El índice medio diario anual (IMDA) es el valor numérico estimado del tráfico vehicular en un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías.

El IMDA se obtiene de la multiplicación del índice medio diario semanal x FC

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Dónde:

IMDS. Representa el índice medio diario semanal o promedio de tráfico diario semanal, y FC representa el factor de corrección estacional.

El índice medio diario semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días.

$$\text{IMDS} = \sum V_i / 7$$

Dónde:

V_i : Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico.

El factor de corrección estacional (FC) es un valor numérico requerido para expandir la muestra del flujo vehicular semanal realizado a un comportamiento anualizado del tránsito.

Fuente: <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/>

2.2.5.2. Clasificación por tipo de vehículo de diseño

Expresa, en porcentaje, la participación que le corresponde en el IMDA a las diferentes categorías de vehículos, que acorde al Reglamento Nacional de Vehículos, son las siguientes:

Categoría L: Vehículos automotores con menos de cuatro ruedas.

- L1: Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.
- L2: Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm³ y velocidad máxima de 50 km/h.
- L3: Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm³ ó velocidad mayor a 50 km/h.

- L4: Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ ó una velocidad mayor de 50 km/h.
- L5: Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm³ ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no excedan de una tonelada.

Categoría M: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros.

- M1: Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
- M2: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
- M3: Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.

Los vehículos de las categorías M2 y M3, a su vez de acuerdo a la disposición de los pasajeros se clasifican en:

- **Clase I:** Vehículos construidos con áreas para pasajeros de pie permitiendo el desplazamiento frecuente de éstos.
- **Clase II:** Vehículos construidos principalmente para el transporte de pasajeros sentados y, también diseñados para permitir el transporte de pasajeros de pie en
 - el pasadizo y/o en un área que no excede el espacio provisto para dos asientos dobles.
- **Clase III:** Vehículos construidos exclusivamente para el transporte de pasajeros sentados.

Categoría N: Vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancía.

- N1: Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.
- N2: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.
- N3: Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.

Categoría O: Remolques (incluidos semirremolques).

- O1: Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.
- O2: Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.
- O3: Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.
- O4: Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

Categoría S: Adicionalmente, los vehículos de las categorías M, N u O para el transporte de pasajeros o mercancías que realizan una función específica, para la cual requieren carrocerías y/o equipos especiales, se clasifican en:

- SA: Casas rodantes
- SB: Vehículos blindados para el transporte de valores
- SC: Ambulancias
- SD: Vehículos funerarios. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 92-94)

2.2.5.3. Crecimiento del tránsito

Una carretera debe estar diseñada para soportar el volumen de tráfico que es probable que ocurra en la vida útil del proyecto. No obstante, el establecimiento de la vida útil de una carretera, requiere la evaluación de las variaciones de los principales parámetros en cada segmento de la misma, cuyo análisis reviste cierta complejidad por la obsolescencia de la propia infraestructura o inesperados cambios en el uso de la tierra, con las consiguientes modificaciones en los volúmenes de tráfico, patrones, y demandas. Para efectos prácticos, se utiliza como base para el diseño un periodo de veinte años. La definición geométrica de las nuevas carreteras, o en el caso de mejoras en las ya existentes, no debe basarse únicamente en el volumen de tránsito actual, sino que debe considerar, el volumen previsto que va a utilizar esta instalación en el futuro. De esta forma, deberán establecerse los volúmenes de tránsito presentes en el año de puesta en servicio del proyecto y aquellos correspondientes al año horizonte de diseño. Ello, además de fijar algunas características del proyecto, permite eventualmente, elaborar un programa de construcción por etapas. A continuación, se establece la metodología para el estudio de la demanda de tránsito: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 95)

$$Pf = Po * (1 + Tc)^n \dots \text{(Ecuación 2.1)}$$

Donde:

- Pf : Tránsito final.
- Po : Tránsito inicial (año base).
- Tc : Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.
- n : Año a estimarse.

2.2.6. VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño, también conocida como velocidad directriz, es la máxima velocidad que, en condiciones de seguridad, puede ser mantenida en una determinada sección de una carretera, cuando las condiciones son tan favorables como para hacer prevalecer las características del diseño utilizado.

La velocidad directriz condiciona todas las características geométricas de la vía, su definición está íntimamente ligada al costo de construcción de cada carretera. Para una velocidad directriz alta, el diseño vial obliga, entre otros, al uso de mayores anchos de plataforma y mayores radios de giro en las curvas horizontales, lo que trae como consecuencia el incremento de los volúmenes de obra.

La elección de la velocidad directriz depende del tipo de carretera, volúmenes de tránsito, la topografía de la zona, condiciones climáticas, funciones de la carretera entre otros. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 96-97)

Tabla 2. 1. Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.

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

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2018 p.97

2.2.7. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

Es la longitud continua hacia adelante de la carretera, que es visible al conductor del Vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado que decida efectuar.

En el diseño se consideran dos distancias, la de visibilidad suficiente para detener el vehículo (Distancia de Visibilidad de Parada), y la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaje a velocidad inferior, en el mismo sentido (Distancia de Visibilidad de Paso). Las dos primeras influyen el diseño de la carretera en campo abierto y serán tratadas en esta sección considerando alineamiento recto y rasante de pendiente uniforme. Los casos con condicionamiento asociados a singularidades de planta o perfil se tratarán en las secciones correspondientes.

2.2.7.1. Distancia de visibilidad de parada

La distancia de Visibilidad de Parada, es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil ubicado en su trayectoria. La distancia de parada sobre una alineación recta de pendiente uniforme, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Dp = 0.278 * V * tp + 0.039 \frac{V^2}{(a)} \dots \text{(Ecuación 2.2)}$$

Donde:

- Dp : Distancia de parada (m)
- V : Velocidad de diseño (km/h)
- tp : Tiempo de percepción + reacción (s)
- a : Deceleración en m/s² (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

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

El tiempo de reacción de frenado, es el intervalo entre el instante en que el conductor reconoce la existencia de un objeto, o peligro sobre la plataforma, adelante y el instante en que realmente aplica los frenos. Así se define que el tiempo de reacción estaría de 2 a 3 segundos, se recomienda tomar el tiempo de percepción – reacción de 2.5 segundos.

Para vías con pendiente superior a 3%, tanto en ascenso como en descenso, se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$d = 0.278 * V * tp + \frac{V^2}{254 \left(\left(\frac{a}{9.81} \right) \pm i \right)} \dots (\text{Ecuación 2.2.1})$$

Donde:

- d : Distancia de frenado en metros
- V : Velocidad de diseño en Km /h
- a : Deceleración en m/s²(será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).
- i : Pendiente longitudinal (tanto por uno)
- +i : Subidas respecto al sentido de circulación.
- i : Bajadas respecto al sentido de circulación.

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

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

Asimismo, la pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Ésta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada \geq a 6% y para velocidades de diseño $>$ 70 km/h. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 103-105)

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

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

Nota: La distancia de reacción de frenado calculado en tiempo 2.5 segundos, velocidad de desaceleración de 3.4 m/s²., de acuerdo a lo indicado en el capítulo 3 de AASHTO.

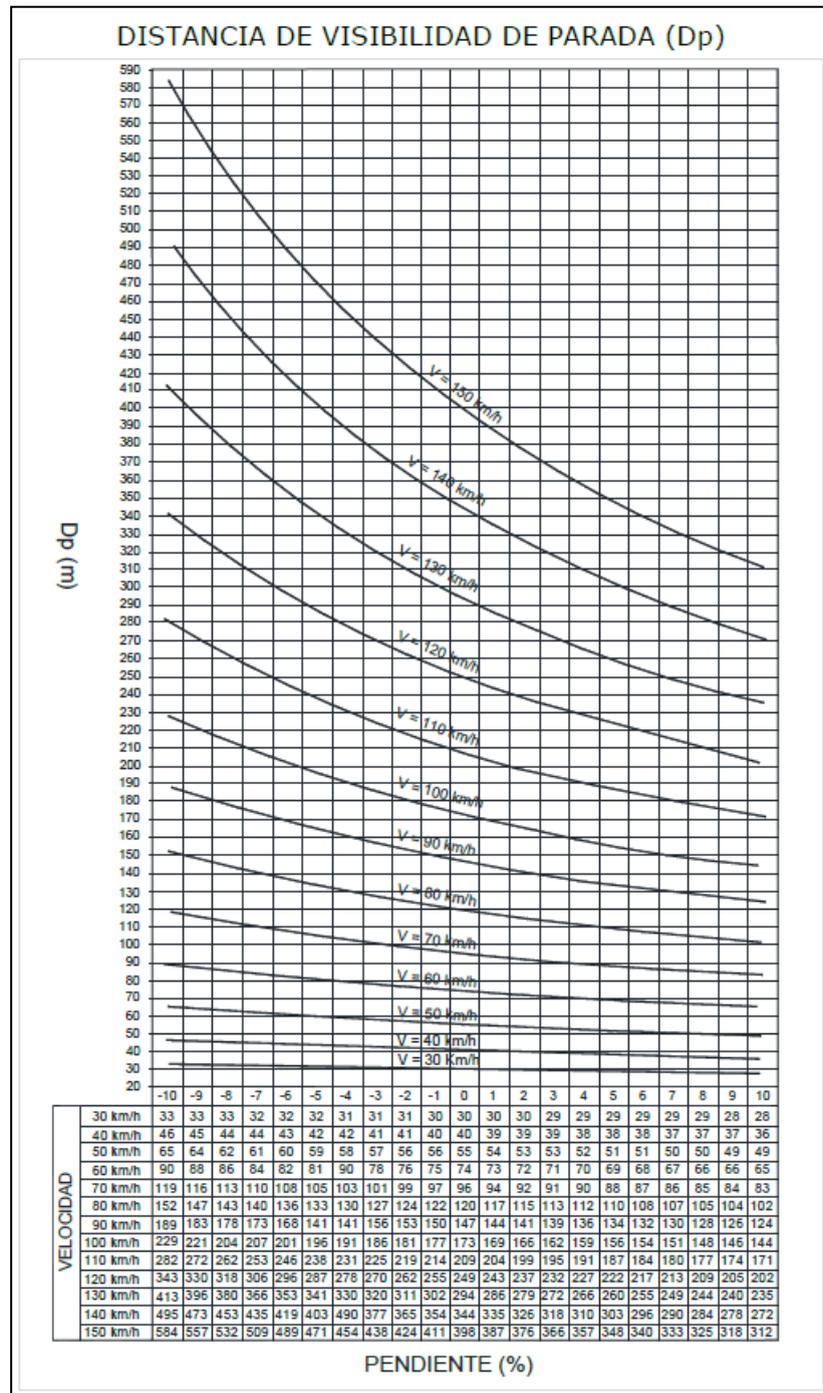
Tabla 2. 3. Distancias de visibilidad de parada con pendiente (metros)

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

Fuente: Manual de Carreteras DG 2018

La distancia de visibilidad de parada también podrá determinarse con la siguiente figura:

Figura 2. 1. Distancia de Visibilidad de Parada



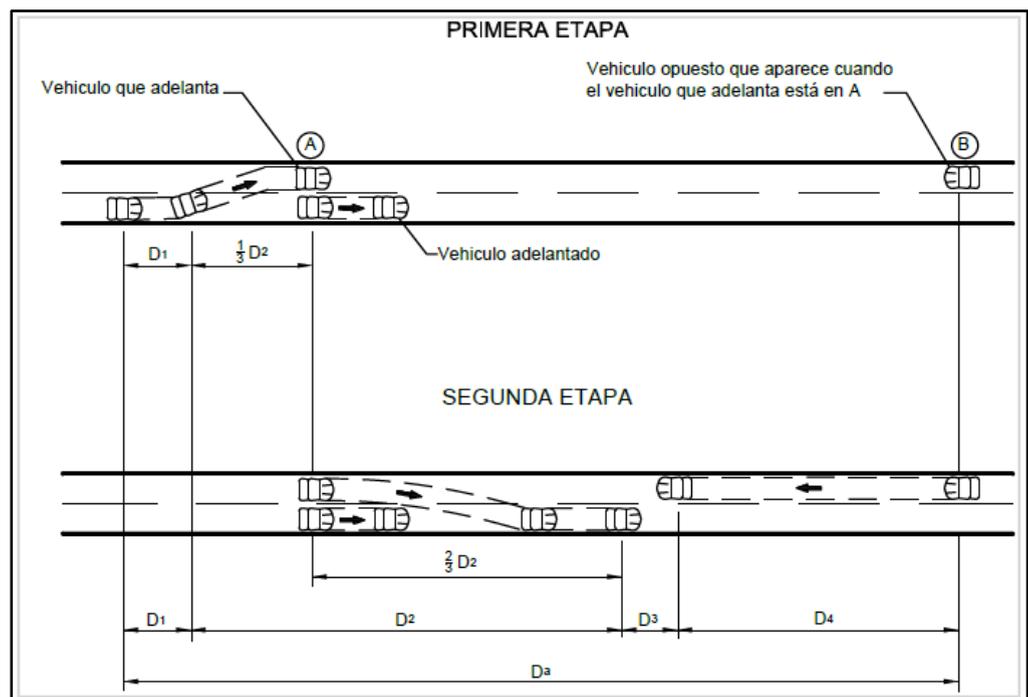
Fuente: Manual DG-2018, p.106

2.2.7.2. Distancia de visibilidad de paso

La distancia de visibilidad de paso es la mínima que debe estar disponible a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso. Dichas condiciones de seguridad y comodidad, se dan cuando la diferencia de velocidad entre los vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15km/h y el vehículo que viaja en sentido contrario transita a la velocidad de diseño.

La distancia de visibilidad de adelantamiento debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones, donde el adelantamiento se realiza en el carril del sentido opuesto. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 106-107)

Figura 2. 2. Distancia de visibilidad de adelantamiento



Fuente: Manual DG-2018, p.107

La distancia de visibilidad de adelantamiento, de acuerdo con la **Figura 2.2.**, se determina como la suma de cuatro distancias, así:

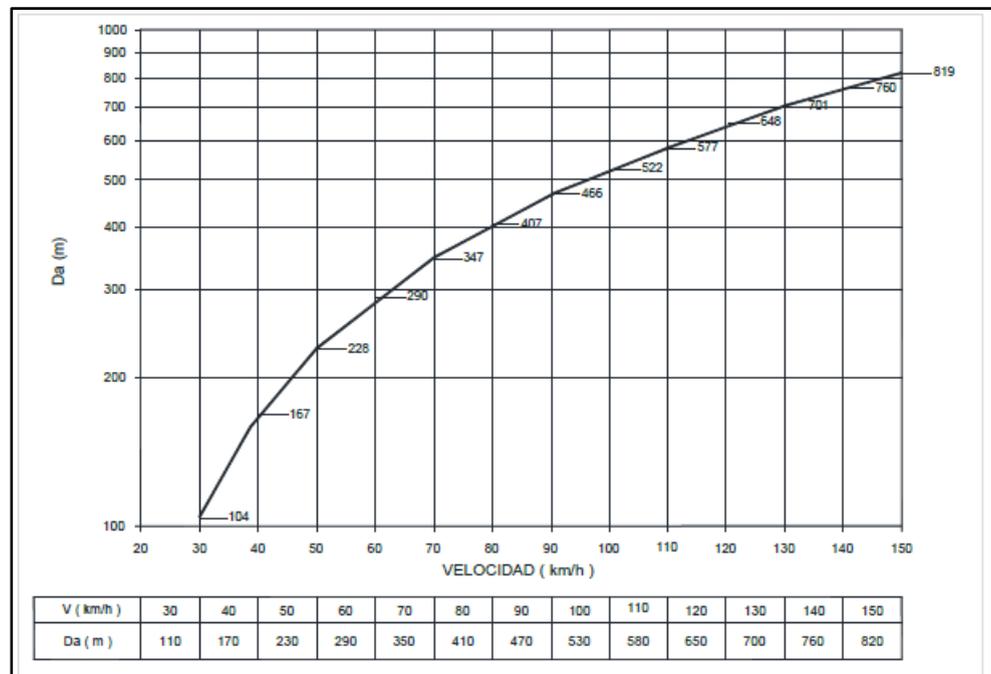
$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \dots \text{(Ecuación 2.3)}$$

Dónde:

- Da** : Distancia de visibilidad de adelantamiento, en metros.
- D1** : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, en metros
- D2** : Distancia recorrida por el vehículo que adelante durante el tiempo desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a su carril, en metros.
- D3** : Distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, en metros.
- D4** : Distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido contrario (estimada en 2/3 de D2), en metros.

La distancia de visibilidad de paso también podrá determinarse de la siguiente figura:

Figura 2. 3. Distancia de sobrepaso



Fuente: Manual DG-2018, p.111

2.2.8. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal, está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. En general, el relieve

del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 125-127)

2.2.8.1. Consideraciones para el alineamiento horizontal

- Deben evitarse tramos con alineamientos rectos demasiado largos. Tales tramos son monótonos durante el día, y en la noche aumenta el peligro de deslumbramiento de las luces del vehículo que avanza en sentido opuesto. Es preferible reemplazar grandes alineamientos, por curvas de grandes radios.
- En el caso de ángulos de deflexión Δ pequeños, iguales o inferiores a 5° , los radios deberán ser suficientemente grandes para proporcionar longitud de curva mínima L obtenida con la fórmula siguiente:

$$L > 30 (10 - \Delta), \Delta < 5^\circ \quad \dots \text{ (Ecuación 2.4)}$$

(L en metros; Δ en grados)

- No se usará nunca ángulos de deflexión menores de $59'$ (minutos).
- La longitud mínima de curva (L) será:

Tabla 2. 4. Longitud mínima de curva

Carretera red nacional	L (m)
Autopistas	6 V
Carreteras de dos carriles	3 V

V = Velocidad de diseño (km/h)

Fuente: Manual DG-2018, p.125

2.2.8.2. Tramos en tangente

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño. Las longitudes de tramos en tangente, están dados por las expresiones:

$$L_{min.s} = 1.39 V_d \quad \dots \text{ (Ecuación 2.5)}$$

$$L_{min.o} = 2.78 V_d \quad \dots \text{ (Ecuación 2.6)}$$

$$L_{m\acute{a}x} = 16.70 V_d \quad \dots \text{ (Ecuación 2.7)}$$

Donde:

- L_{mín.s}** : Longitud mínima (m) para trazados en "S" (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).
- L_{mín.o}** : Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).
- L_{máx}** : Longitud máxima (m).
- V_d** : Velocidad de diseño (Km/h).

Tabla 2. 5. Longitudes de tramos en tangente

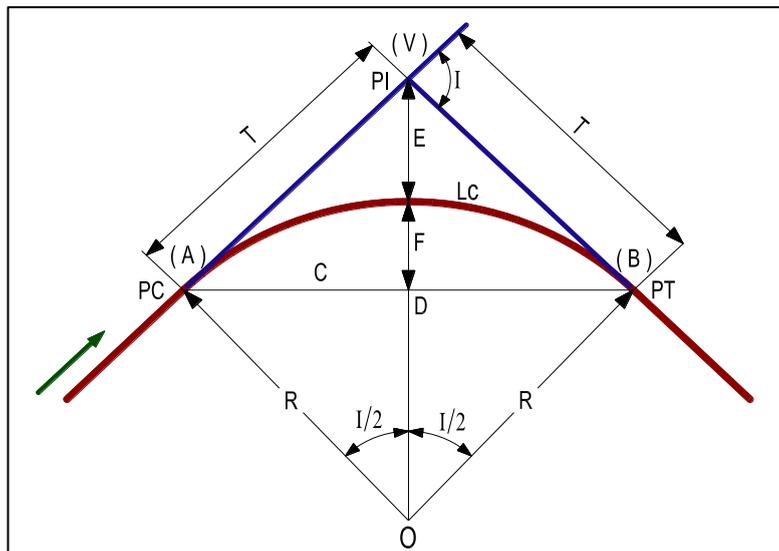
V (km/h)	L mín.s (m)	L mín.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1002
70	97	194	1169
80	111	222	1336
90	125	250	1503
100	139	278	1670
110	153	306	1837
120	167	333	2004
130	180	362	2171

Fuente: Manual DG-2018, p.127

2.2.8.3. Curvas circulares

La simbología utilizada en los elementos de la curva circular, para la presente tesis, se detallan en la siguiente figura:

Figura 2. 4. Elementos de una curva simple



Las fórmulas para el cálculo de los elementos de curva son:

Tabla 2. 6. Elementos de curvas horizontales simples

Elemento	Símbolo	Fórmula
Tangente	T	$T = R \tan (I / 2)$
Longitud de curva	Lc	$Lc = \pi R I / 180 ^\circ$
Cuerda	C	$C = 2 R \text{ Sen } (I / 2)$
Externa	E	$E = R [\text{Sec } (I / 2) - 1]$
Flecha	F	$F = R [1 - \text{Cos } (I / 2)]$

Fuente: Manual DG-2018

2.2.8.4. Radios de diseño

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo puede utilizarse la siguiente fórmula: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 128)

$$R_{\text{mín}} = \frac{v^2}{127(P_{\text{máx}} + f_{\text{máx}})} \quad \dots \text{ (Ecuación 2.8)}$$

Dónde:

Rmín = Radio Mínimo en metros.

V = Velocidad de Diseño en Km. /h.

Pmáx = Peralte máximo de la curva en valor decimal.

fmáx = Factor máximo de fricción.

Tabla 2. 7. Radios mínimos y peraltes máximos para 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
Área rural (con peligro de hielo)	30	6.00	0.17	30.8	30
	40	6.00	0.17	54.8	55
	50	6.00	0.16	89.5	90
	60	6.00	0.15	135.0	135
	70	6.00	0.14	192.9	195
	80	6.00	0.14	252.9	255
	90	6.00	0.13	335.9	335
	100	6.00	0.12	437.4	440
	110	6.00	0.11	560.4	560
	120	6.00	0.09	755.9	755
Área rural (plano u ondulada)	30	8.00	0.17	28.3	30
	40	8.00	0.17	50.4	50
	50	8.00	0.16	82.0	85
	60	8.00	0.15	123.2	125
	70	8.00	0.14	175.4	175
	80	8.00	0.14	229.1	230
	90	8.00	0.13	303.7	305
	100	8.00	0.12	393.7	395
	110	8.00	0.11	501.5	500
	120	8.00	0.09	667.0	670
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

Fuente: Manual DG-2018, p.129

2.2.8.5. Curvas de vuelta

Son aquellas curvas que se proyectan sobre una ladera, en terrenos accidentados, con el propósito de obtener o alcanzar una cota mayor, sin sobrepasar las pendientes máximas, y que no es posible lograr mediante trazos alternativos.

Por lo general, las rampas pueden ser alineamientos rectos con sólo una curva de enlace intermedia, y según el desarrollo de la curva de vuelta, dichos alineamientos pueden ser paralelos entre sí, divergentes, etc. En tal sentido la curva de vuelta quedará definida por dos arcos circulares de radio interior “Ri” y radio exterior “Re” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 150)

2.2.8.6. Sobreancho

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.

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. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 159-161)

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

El sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño y se calculará con la siguiente ecuación:

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \dots (\text{Ecuación. 2.9})$$

Dónde:

Sa = Sobreancho (m).

N = Número de carriles.

R = Radio (m).

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

V = Velocidad de diseño (km/h)

2.2.9. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

El diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical, está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquéllas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas. El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible. En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas verticales que pueden ser cóncavas o convexas, y el de la velocidad de diseño y a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distinta magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la rasante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto. El sistema de cotas del proyecto, estarán referidos y se enlazarán con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional.

El perfil longitudinal está controlado principalmente por la Topografía, Alineamiento, horizontal, Distancias de visibilidad, Velocidad de proyecto, Seguridad, Costos de Construcción, Categoría del camino, Valores Estéticos y Drenaje. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 169)

2.2.9.1. Consideraciones De Diseño

- En terreno plano, por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.
- En terreno ondulado, por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.
- En terreno accidentado, en lo posible la rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alargamientos innecesarios.
- En terreno escarpado el perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

2.2.9.2. Pendiente

La pendiente es la relación en porcentaje del desnivel entre dos puntos y su distancia horizontal. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 170-172)

a). Pendiente mínima

Se deberá fijar una pendiente mínima de 0,5%, a fin de asegurar el drenaje de aguas superficiales en la calzada.

Casos particulares:

- Si la calzada posee un bombeo de 2% y no existen bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0,2%.
- Si el bombeo es de 2,5% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero.
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0,5% y la mínima excepcional de 0,35%.
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal se anula, la pendiente mínima deberá ser de 0,5%.

b). Pendiente máxima

Se considerará las pendientes máximas según la tabla adjunta, a excepción de los siguientes casos:

- En zonas de altitud superior a los 3.000 msnm, los valores máximos de la Tabla 2.8, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.

Tabla 2. 8. Valores de pendientes máximas (%)

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Vehículos/día	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
Características	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
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																				
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 Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), p. 171.

c). Pendientes Máximas Excepcionales

La pendiente máxima, excepcionalmente podrá incrementarse hasta en 1%, para todos los casos. Deberá justificarse técnica y económicamente la necesidad de dicho incremento.

- En general, cuando se empleen pendientes mayores a 10%, los tramos con tales pendientes no excederán de 180 m.
- La máxima pendiente promedio en tramos de longitud mayor a 2 000 m, no debe superar el 6%.
- En curvas con radios menores a 50 m de longitud debe evitarse pendientes mayores a 8%, para evitar que las pendientes del lado interior de la curva se incrementen significativamente.

2.2.9.3. Curvas Verticales

Son aquellas que enlazan tramos consecutivos de rasante para suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos. Se determina si es necesario su diseño siempre y cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás. El parámetro de Curvatura “K” define las curvas verticales parabólicas, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 174)

$$K = L/A \quad \dots \text{(Ecuación 2.10)}$$

Donde,

K : Parámetro de curvatura

L : Longitud de la curva vertical

A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

2.2.9.3.1. Tipos De Curva Vertical

- Curvas Cóncavas y Convexas
- Curvas Simétricas y Asimétricas

2.2.9.3.2. Longitud De Curvas Convexas

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

- Cuando $D_p < L$;

$$L = \frac{AD_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \quad \dots \text{ (Ecuación 2.11)}$$

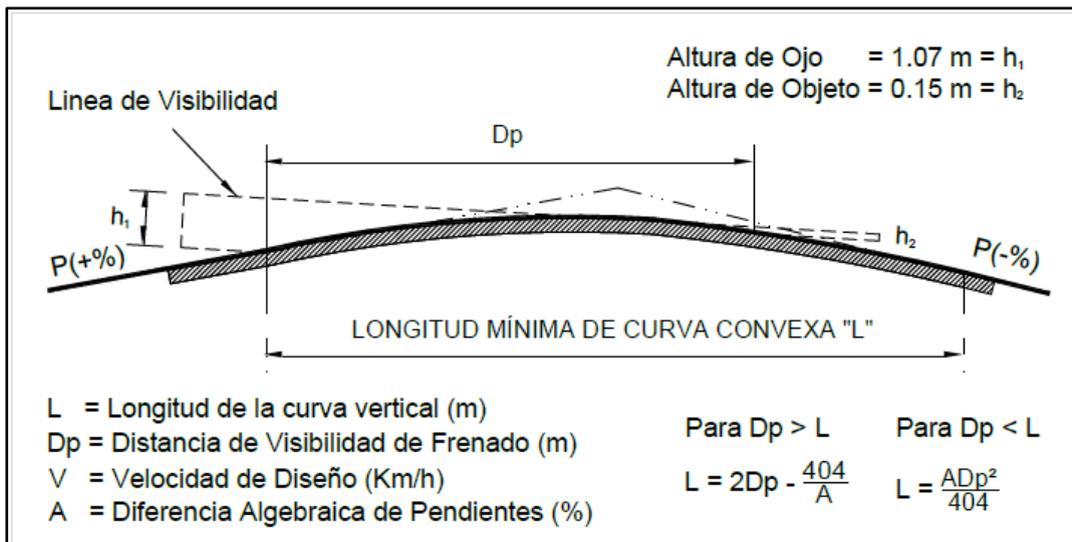
- Cuando $D_p > L$;

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A} \quad \dots \text{ (Ecuación 2.12)}$$

Donde, para todos los casos:

- L** : Longitud de la curva vertical (m)
- D_p** : Distancia de visibilidad de parada (m)
- A** : Diferencia algebraica de pendientes (%)
- h₁** : Altura del ojo sobre la rasante (m)
- h₂** : Altura del objeto sobre la rasante (m)

Figura 2. 5. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de parada



Fuente: Manual DG-2018, p.178

Caso más común: h₁ = 1,07 m y h₂ = 0,15 m

- Cuando $D_p < L$; $L = \frac{AD_p^2}{404} \quad \dots \text{ (Ecuación 2.13)}$

- Cuando $D_p > L$; $L = 2D_p - \frac{404}{A} \quad \dots \text{ (Ecuación 2.14)}$

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

- Cuando $D_a < L$;

$$L = \frac{AD_a^2}{946} \quad \dots \text{ (Ecuación 2.15)}$$

- Cuando $Da > L$;

$$L = 2D_a - \frac{946}{A} \quad \dots \text{ (Ecuación 2.16)}$$

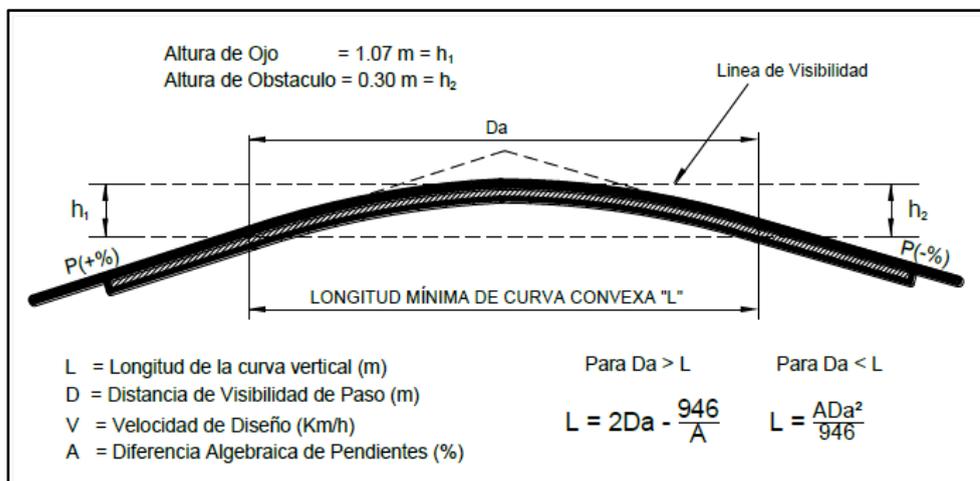
Donde, para todos los casos:

Da: Distancia de visibilidad de adelantamiento o paso (m)

L : Longitud de la curva vertical (m)

A : Diferencia algebraica de pendientes (%)

Figura 2. 6. Longitud mínima de curva vertical convexa con distancias de visibilidad de paso



Fuente: Manual DG-2018, p.179

Caso más común: $h_1 = 1,07 \text{ m}$ y $h_2 = 0.30 \text{ m}$

2.2.9.3.3. Longitud De Curvas Cóncavas

La longitud de las curvas verticales cóncavas, se determina con las siguientes fórmulas: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 180)

- Cuando $D < L$;

$$L = \frac{AD^2}{120+3.5D} \quad \dots \text{ (Ecuación 2.17)}$$

- Cuando $D > L$;

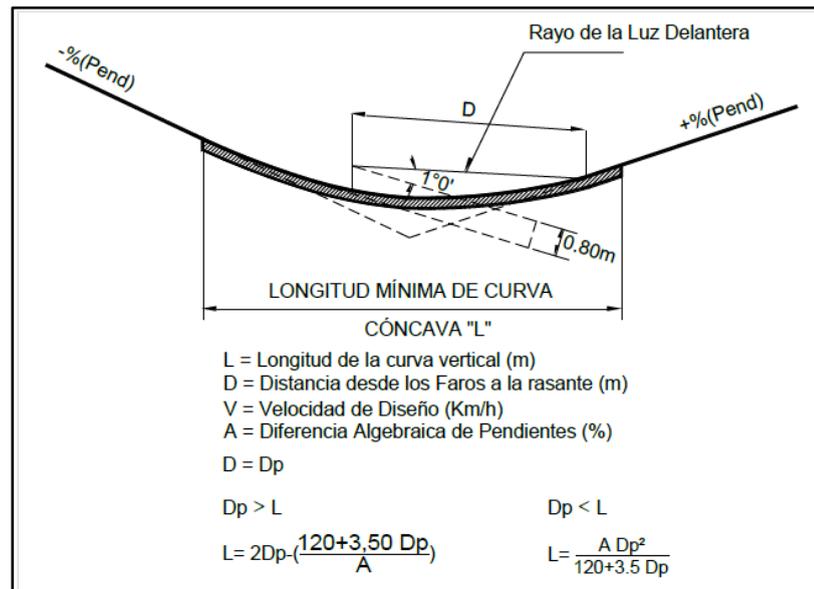
$$L = 2D - \left(\frac{120+3.5D}{A} \right) \quad \dots \text{ (Ecuación 2.18)}$$

Donde:

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

Del lado de la seguridad se toma $D = D_p$, cuyos resultados se aprecian en la siguiente figura:

Figura 2. 7. Longitudes mínimas de curvas verticales cóncavas



Fuente: Manual DG-2018, p.181

2.2.10. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

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

El elemento más importante de la sección transversal es la zona destinada a la superficie de rodadura o calzada, cuyas dimensiones deben permitir el nivel de servicio previsto en el proyecto, sin perjuicio de la importancia de los otros elementos de la sección transversal, tales como bermas, aceras, cunetas, taludes y elementos complementarios. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 183)

2.2.10.1. Calzada o Superficie de Rodadura

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. La calzada se divide en carriles, los que están destinados a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 190)

A. Ancho de la Calzada en Tangente.

El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el periodo de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio.

En la tabla adjunta se muestran los valores de ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de carretera.

Tabla 2. 9. Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera					
	> 6,000				6,000 – 4,001				4,000-2.001				2,000-400				< 400					
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase					
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Velocidad de diseño: 30km/h																					5.00	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			6.60	6.60				
90 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20	7.20			7.20				6.60	6.60				
100 km/h	7.20	7.20	7.20		7.20	7.20	7.20		7.20				7.20									
110 km/h	7.20	7.20			7.20																	
120 km/h	7.20	7.20			7.20																	
130 km/h	7.20																					

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

B. Ancho de la Calzada en Curva

A los anchos mínimos de calzada en tangente indicados en la tabla 2.9 se adicionarán los sobrecanchos correspondientes a las curvas.

2.2.10.2. Bermas

Las bermas son franjas longitudinales, paralelas y adyacentes a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utilizan como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias. Adicionalmente las bermas mejoran las condiciones de funcionamiento del tráfico y su seguridad; por ello, las bermas desempeñan otras funciones en proporción a su ancho tales como protección al pavimento y a sus capas inferiores, detenciones ocasionales, y como zona de seguridad para maniobras de emergencia.

En la tabla adjunta se establece el ancho de bermas en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 192)

Tabla 2. 10. Ancho de bermas

Clasificación	Autopista				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																			0.50	0.50
40 km/h															1.20	1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

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

2.2.10.3. Bombeo

Es la inclinación transversal mínima de la calzada en tramos tangentes, determinado con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 195)

Tabla 2. 11. Valores Del Bombeo De La Calzada

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

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

En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte.

2.2.10.4. Peralte

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 196-197)

A. Valores del Peralte (Máximos y Mínimos)

Las curvas horizontales deben ser peraltadas; con excepción de los valores establecidos fijados en la siguiente tabla:

Tabla 2. 12. Valores de radio a partir de los cuales no es necesario peralte

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

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

Tabla 2. 13. Valores De Peralte Máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%
Zona rural (T. Plano, Ondulado ó Accidentado)	8,0%	6,0%
Zona rural (T. Accidentado ó Escarpado)	12,0%	8,0%
Zona rural con peligro de hielo	8,0%	6,0%

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

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

$$p = \frac{v^2}{127R} - f \quad \dots \text{(Ecuación 2.19)}$$

Donde:

- p** : Peralte máximo asociado a V
- V** : Velocidad de diseño (km/h)
- R** : Radio mínimo absoluto (m)
- f** : Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 2. 14. Peralte Mínimo

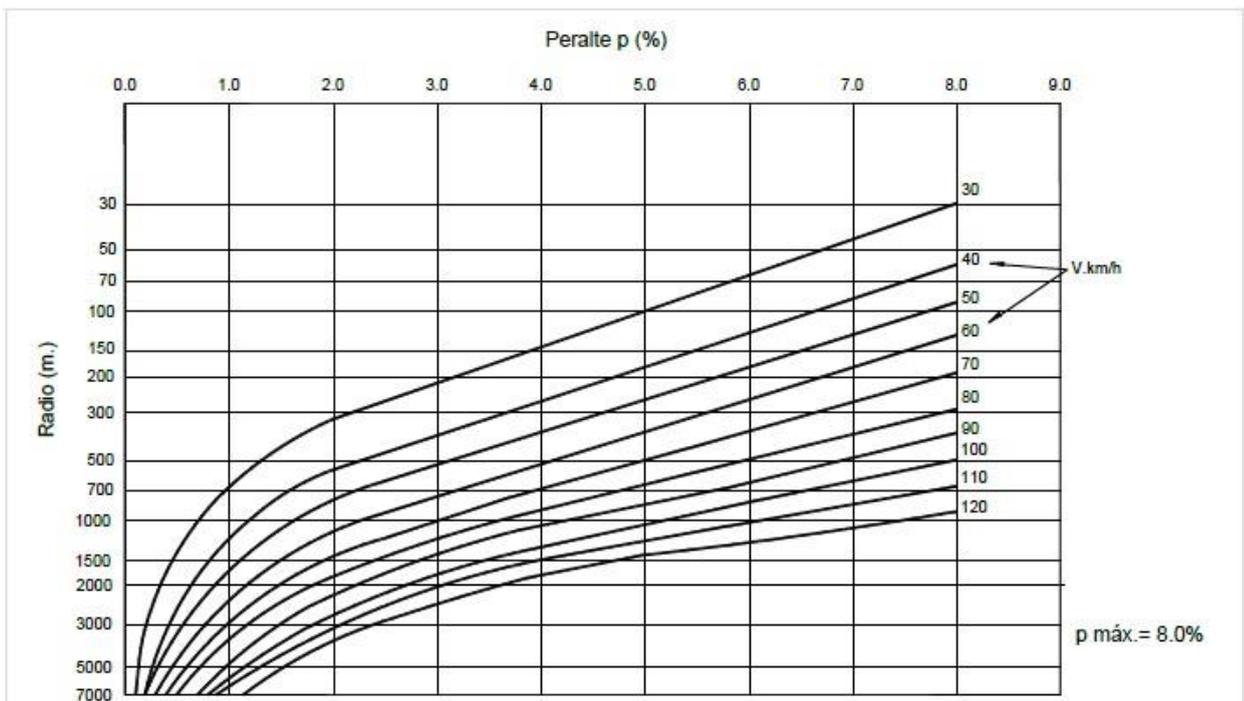
Peralte mínimo Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5.000 \leq R < 7.500$
$40 \leq V < 100$	$2.500 \leq R < 3.500$

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

B. Relación del peralte, radio y velocidad específica de diseño

La figura 2.8 permite obtener el peralte y el radio, para una curva que se desea proyectar; con una velocidad específica de diseño.

Figura 2. 8. Peralte en zona rural (Tipo 1,2 ó 3)



Fuente: Manual de diseño geométrico para carreteras (DG-2018), Pág.130

A continuación, se muestran las Tablas 2.15 y 2.16, donde se visualiza los valores referenciales para los taludes de corte y relleno respectivamente, de acuerdo al tipo de suelo y a la altura de corte o relleno.

Tabla 2. 15. Valores referenciales para taludes en corte (h:v)

CLASIFICACIÓN DE MATERIALES DE CORTE		ROCA FIJA	ROCA SUELTA	MATERIAL		
				GRAVA	LIMO ARCILLOSO O ARCILLA	ARENAS
Altura de corte	<5 m	1:10	1:6-1:4	1:1 -1:3	1:1	2:1
	5-10 m	1:10	1:4-1:2	1:1	1:1	*
	>10 m	1:8	1:2	*	*	*

(*) Requerimiento de banquetas y/o estudio de estabilidad.

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), p. 204.

Los taludes en zonas de relleno (terraplenes), variarán en función de las características del material con el cual está formado.

Tabla 2. 16. Taludes referenciales en zonas de relleno (terraplenes)

MATERIALES	TALUD (V:H)		
	ALTURA (M)		
	<5	5-10	>10
Gravas, limo arenoso y arcilla	1:1.5	1:1.75	1:2
Arena	1:2	1:2.25	1:2.5
Enrocado	1:1	1:1.25	1:1.5

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), p. 208.

2.2.10.6. Cunetas

Son canales construidos lateralmente a lo largo de la carretera, con el propósito de conducir los escurrimientos superficiales y sub-superficiales, procedentes de la plataforma vial, taludes y áreas adyacentes, a fin de proteger la estructura del pavimento.

La sección transversal puede ser triangular, trapezoidal, rectangular o de otra geometría que se adapte mejor a la sección transversal de la vía y que prevea la seguridad vial; revestidas o sin revestir; abiertas o cerradas, de acuerdo a

los requerimientos del proyecto; en zonas urbanas o donde exista limitaciones de espacio, las cunetas cerradas pueden ser diseñadas formado parte de la berma.

Las dimensiones de las cunetas se deducen a partir de cálculos hidráulicos, teniendo en cuenta su pendiente longitudinal, intensidad de precipitaciones pluviales, área de drenaje y naturaleza del terreno, entre otros. Los elementos constitutivos de una cuneta son su talud interior, su fondo y su talud exterior. Este último, por lo general coincide con el talud de corte. Las pendientes longitudinales mínimas absolutas serán 0.2%, para cunetas revestidas y 0.5% para cunetas sin revestir. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 208)

2.2.11. SEÑALIZACIÓN

Las señales de tránsito constituyen uno de los dispositivos más comunes para regular el tránsito por medios físicos. La función de una señal es la de controlar la operación de los vehículos en una carretera, propiciando el ordenamiento del flujo del tránsito o informando a los conductores de todo lo que se relaciona con la carretera que recorre. (Céspedes, J. 2001).

Los requisitos que deben cumplir las señales de tránsito son los siguientes:

- Que exista una necesidad para su utilización.
- Que llame positivamente la atención y ser visible.
- Que encierren un mensaje claro y conciso
- Que su localización permita al usuario un tiempo adecuado de reacción y respuesta
- Infundir respeto y ser obedecido

2.2.11.1. SEÑALES VERTICALES

DEFINICION

Las señales verticales son dispositivos instalados al costado o sobre el camino, y tienen por finalidad, reglamentar el tránsito, prevenir e informar a los usuarios mediante palabras o símbolos.

FUNCIÓN

Siendo la función de las señales verticales, la de reglamentar, prevenir e informar al usuario de la vía, su utilización es fundamental principalmente en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en aquellos donde los peligros no siempre son evidentes.

CLASIFICACIÓN

De acuerdo a la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en 3 grupos:

- a. Señales Reguladoras o de Reglamentación
- b. Señales de Prevención
- c. Señales de Información

A. Señales Reguladoras o de Reglamentación:

Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías, las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes, en el uso de las vías. Su incumplimiento constituye una falta que puede acarrear un delito. (Ministerio de Transportes, Comunicaciones y Comunicaciones , 2016)

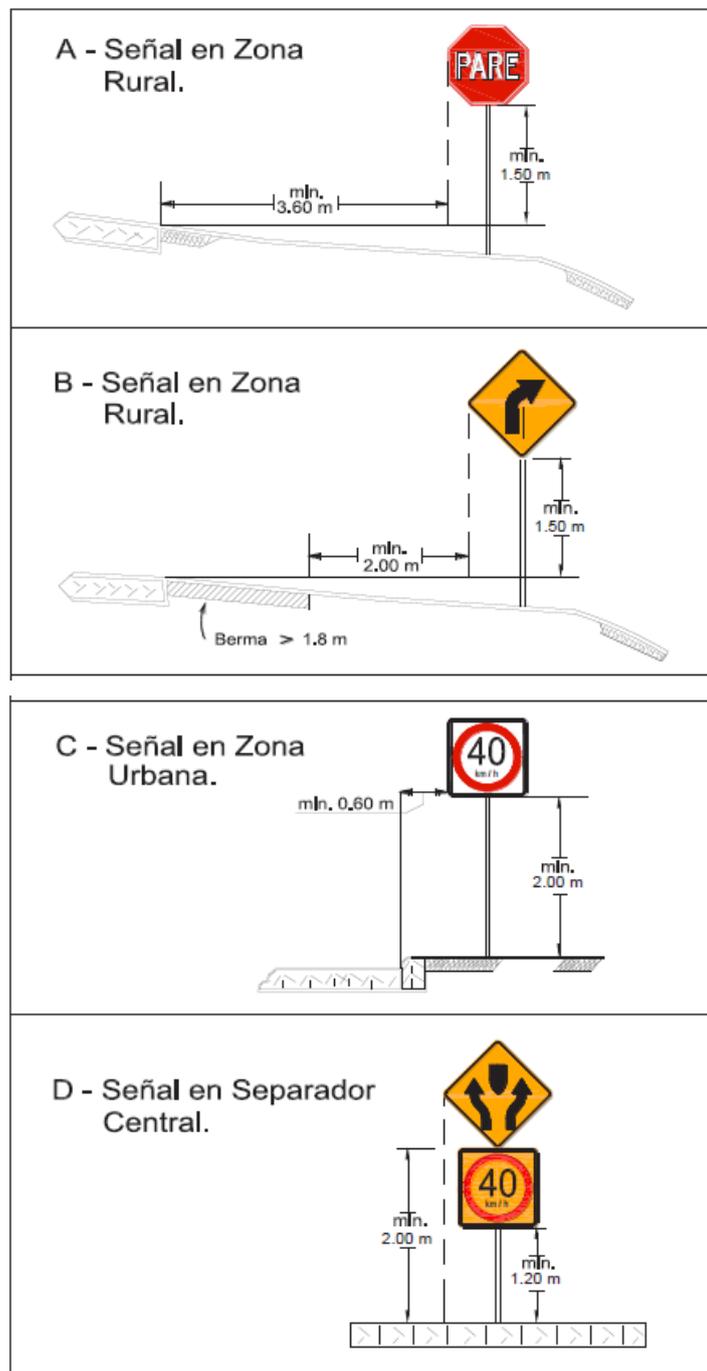
A.1. Ubicación

La ubicación de las señales será establecida de acuerdo al estudio de ingeniería vial correspondiente; precisando que cuando las condiciones del tránsito así lo requieran, pueden colocarse al costado izquierdo o en pórticos, a fin de contribuir a su observación y respeto.

Para asegurar la eficacia de una señal, su ubicación debe considerar:

- Distancia entre la señal y la situación a la cual ésta se refiere (ubicación longitudinal).
- Distancia entre la señal y la calzada (ubicación lateral).
- Altura de la señal.
- Orientación del tablero de la señal.

Figura 2. 10. Ejemplo de Ubicación Lateral



A.2. Clasificación

Se clasifican en señales de:

- Prioridad
- Prohibición
 - De maniobras y giros
 - De paso por clase de vehículo

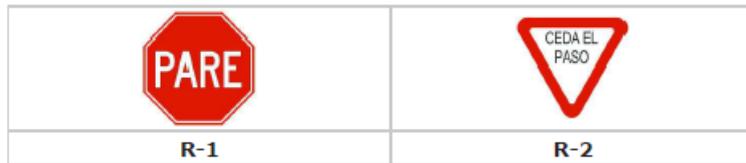
- Otras

- Restricción
- Obligación
- Autorización

a. Señales de prioridad

Son aquellas que regulan el derecho de preferencia de paso, y son las dos siguientes:

Figura 2. 11. Señales de prioridad



b. Señales de prohibición

Se usan para prohibir o limitar el tránsito de ciertos tipos de vehículos o determinadas maniobras.

b.1 Señales de prohibición de maniobras y giros

Son las que prohíben ciertas maniobras y giros, cuya relación se indica a continuación, así como en la **Figura 2.12:**

Figura 2. 12. Señales de prohibición de maniobras y giros



b.2 Señales de prohibición de paso por clase de vehículo

Son las que prohíben de paso por clase de vehículo, cuya relación se indica a continuación:

Figura 2. 13. Señales de prohibición de paso por clase de vehículo



b.3 Otras señales de prohibición

Son las que disponen otras prohibiciones, cuya relación se indica a continuación

Figura 2. 14. Otras señales de prohibición



c. Señales de restricción

Se usan para restringir o limitar el tránsito vehicular debido a características particulares de la vía.

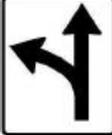
Figura 2. 15. Señales de restricción

					
R-11	R-11A	R-11B	R-30	R-30	R-30B
					
R-30C	R-30D	R-30E	R-30F	R-30G	
					
R-31	R-32	R-33	R-35	R-36	

d. Señales de Obligación

Se usan para indicar las obligaciones que deben cumplir todos los conductores.

Figura 2. 16. Señales de obligación

					
R-3	R-5	R-5-1	R-5-2	R-5-3	R-5-4
					
R-7	R-9	R-14	R-14A	R-14B	R-18
					
R-20	R-37	R-40	R-47	R-48	R-49
					

e. Señales de autorización

Se caracterizan por estar compuestas por un círculo de fondo blanco y orla verde en el que se inscribe el símbolo que representa la autorización.

Figura 2. 17. Señales de autorización



B. Señales de Prevención:

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. (Ministerio de Transportes, Comunicaciones y Comunicaciones, 2016)

B.1. Ubicación

Deben ubicarse de tal manera, que los conductores tengan el tiempo de percepción-respuesta adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere.

B.2. Clasificación

Se clasifican teniendo en consideración lo siguiente:

a. Señales preventivas por características geométricas horizontales de la vía

Curvatura Horizontal

Señalan la proximidad de una o más curvas horizontales en la vía que requieran un cambio de velocidad para circular con seguridad.

Figura 2. 18. Señales preventivas – curvatura horizontal



b. Señales preventivas por características geométricas verticales de la vía

Pendiente Longitudinal

Señalan la proximidad de pendientes longitudinales por condiciones geométricas adversas de la vía, que afectan la velocidad de operación y capacidad de frenado.

Figura 2. 19. Señales preventivas – pendiente longitudinal



c. Señales preventivas por características de la superficie de rodadura

Previenen a los conductores de la proximidad de irregularidades sucesivas en la superficie de rodadura de la vía.

Figura 2. 20. Señales preventivas por características de la superficie de rodadura



d. Señales preventivas por restricciones físicas de la vía

Previenen a los conductores de la proximidad de restricciones de la vía, que afectan la operación de los vehículos. Deben removerse una vez que cambien las condiciones de restricción de la vía que obligaron su instalación.

Figura 2. 21. 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

e. Señales preventivas de intersecciones con otras vías

Se instalan para prevenir a los conductores sobre la presencia de una intersección a nivel y la posible presencia de vehículos ingresando o haciendo maniobras de giro.

Figura 2. 22. Señales preventivas de intersección con otras vías

					
P-6	P-6A	P-6B	P-7	P-8	P-9A
					
P-9B	P-10A	P-10B	P-15	P-16A	P-16B

f. Señales preventivas por características operativas de la vía

Previenen a los conductores de particularidades de la vía, sobre sus características operativas, las cuales pueden condicionar y afectar la normal circulación de los vehículos.

Figura 2. 23. Señales preventivas por características operativas de la vía

					
P-25	P-25A	P-25B	P-28	P-28A	P-29
					
P-29A	P-46	P-46A	P-46B	P-46C	P-46D
					
P-46E	P-48	P-48A	P-48B	P-49	P-49A
					
P-49B	P-50	P-51	P-53	P-55	P-56

g. Señales preventivas para emergencias y situaciones especiales

Tienen por finalidad prevenir a los conductores sobre la existencia o posibilidad de emergencias viales o situaciones especiales, que puedan afectar la normal operación vehicular.

Figura 2. 24. Señales preventivas para emergencias y situaciones especiales

					
P-36	P-41	P-45	P-52	P-66	P-66A

C. Señales de Información:

Tienen la función de informar a los usuarios, sobre los principales puntos notables, lugares de interés turístico, arqueológico e históricos existentes en la vía y su área de influencia orientarlos y/o guiarlos para llegar a sus destinos y a los principales servicios generales, en la forma más directa posible. (Ministerio de Transportes, Comunicaciones y Comunicaciones , 2016)

a. Señales de identificación vial

Tienen como función individualizar la vía, indicando su nombre, símbolo, código y/o numeración, tanto en zonas rurales y urbanas.

Figura 2. 25. Señales de identificación vial

I-1A	I-1B	I-1C	I-1D	I-2A
I-2B	I-3A	I-3B	I-4A	I-4B

b. Señales de servicios generales

Tienen por función informar a los usuarios sobre los servicios generales existentes próximos a la vía, tales como teléfono, hospedaje, restaurante, primeros auxilios, estación de combustibles, talleres, y otros.

Figura 2. 26. Señales informativas de servicios generales

				
I-5	I-6	I-7	I-8	I-9
				
I-10	I-11	I-12	I-13	I-14
				
I-15	I-16	I-17	I-18	I-19

c. Señalización turística

Tienen por finalidad informar y facilitar la llegada a los lugares de interés turístico existentes en la vía y en su entorno o zona de influencia.

Figura 2. 27. Señales turísticas

				
T-01	T-02	T-03	T-04	T-05
				
T-06	T-07	T-08	T-09	T-10

2.2.11.2. SEÑALES HORIZONTALES

A. MARCAS EN EL PAVIMENTO

Las Marcas en el Pavimento o Demarcaciones, constituyen la señalización horizontal y está conformada por marcas planas en el pavimento, tales como líneas horizontales y transversales, flechas, símbolos y letras, que se aplican o adhieren sobre el pavimento, sardineles, otras estructuras de la vía y zonas adyacentes.

B. FUNCIÓN

Las marcas viales son líneas o figuras, aplicadas sobre el pavimento, que tienen por función lo siguiente:

- Delimitar carriles de circulación.
- Separar sentidos de circulación.
- Indicar el borde que delimitan la superficie de rodadura con las bermas.
- Reglamentar la circulación, especialmente el adelantamiento, la parada, etc.
- Guiar y orientar a los usuarios.

C. CLASIFICACIÓN

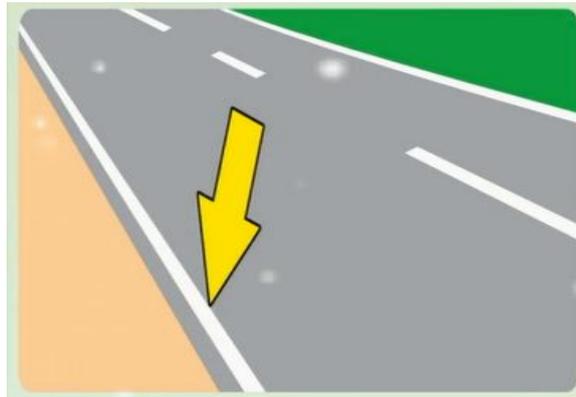
- Línea de borde de calzada o superficie de rodadura
- Línea de carril
- Línea central
- Líneas canalizadoras de tránsito
- Líneas demarcadoras de entradas y salidas
- Líneas de transición por reducción de carriles
- Línea de pare
- Líneas de cruce peatonal
- Demarcación de espacios para estacionamiento
- Demarcación de no bloquear cruce en intersecciones
- Demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta
- Otras demarcaciones
- Palabras, símbolos y leyendas

C.1. Línea de borde de calzada

Línea continua que tiene por función demarcar el borde de la calzada o superficie de rodadura del pavimento.

La línea del borde de calzada es continua, de color blanco cuando por razones de emergencia puede estacionarse en la berma, y de color amarillo cuando está prohibido el estacionamiento.

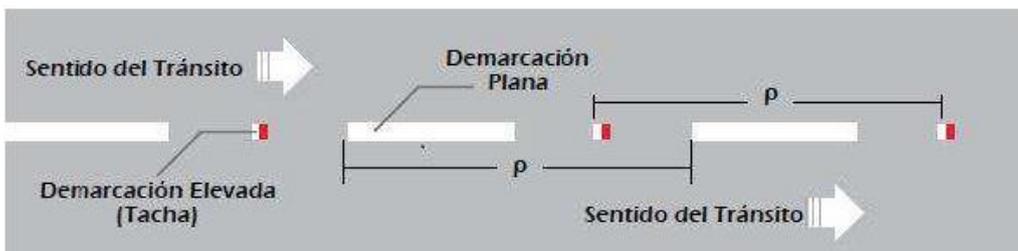
Figura 2. 28. Línea de borde de calzada



C.2. Línea de carril

Tiene por función separar los carriles de circulación de la calzada o superficie de rodadura de vías de dos o más carriles en el mismo sentido.

Figura 2. 29. Línea de carril segmentada

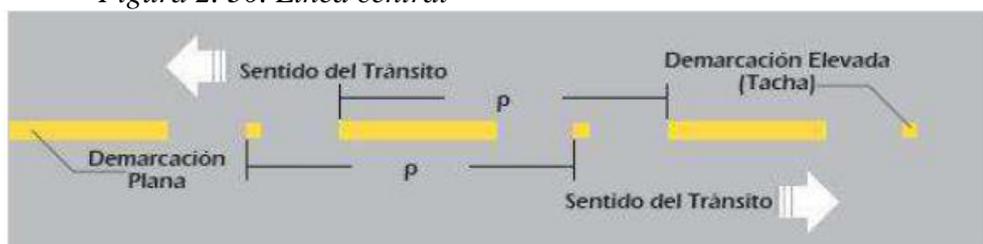


C.3. Línea central

Tiene por función separar los carriles de circulación de la calzada o superficie de rodadura de vías bidireccionales (ambos sentidos).

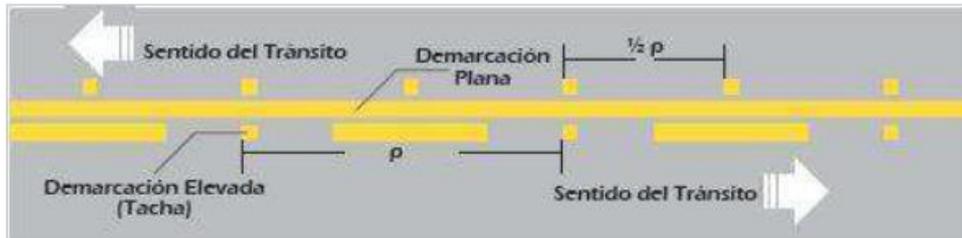
La línea central es de color amarillo, es discontinua o segmentada cuando es permitido cruzar al otro carril para el adelantamiento vehicular, y es continua cuando no es permitido cruzar al otro carril, por limitaciones de las características geométricas de la vía y/o su operación.

Figura 2. 30. Línea central



Asimismo, podrán utilizarse líneas combinadas o mixtas, en cuyo caso el lado donde se encuentra la línea discontinua o segmentada permite cruzar al otro carril para el adelantamiento vehicular.

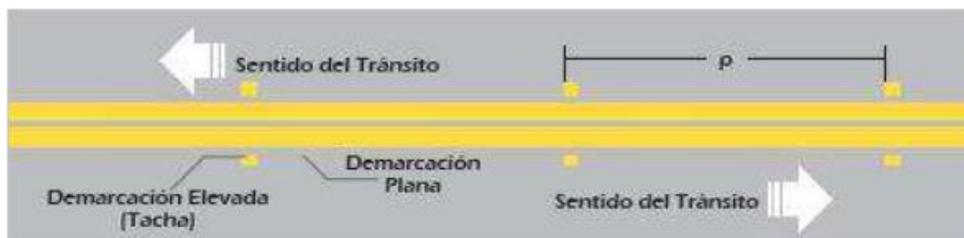
Figura 2. 31. Línea central combinada o mixta



También se emplearán líneas continuas dobles paralelas claramente separadas, en tramos donde haya escasa visibilidad, por limitaciones de las características geométricas de la vía y/o su operación.

En curvas con sobre ancho, las indicadas líneas continuas dobles tendrán que adaptarse a la geometría del camino, siempre que se mantengan claramente separadas.

Figura 2. 32. Línea continua doble

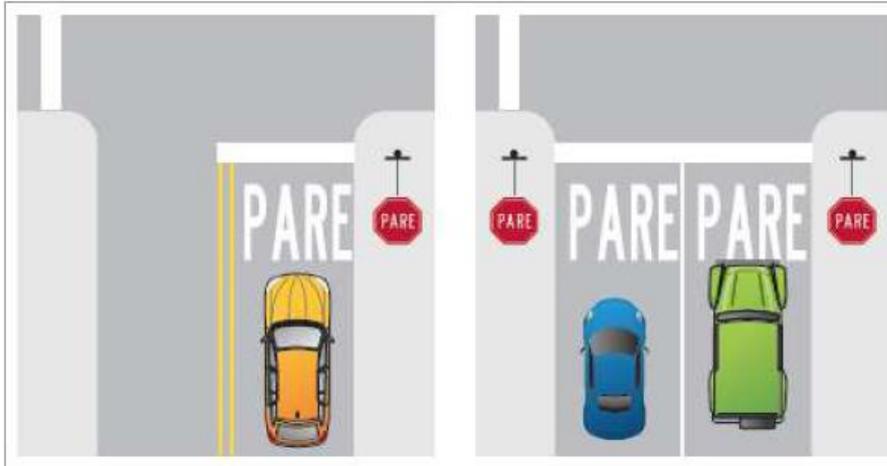


C.4. Línea de Pare

Es una línea transversal a la calzada o superficie de rodadura que tiene por función indicar al conductor que debe detener completamente el vehículo, el cual no debe sobrepasar el inicio de la indicada línea.

Es una línea continua de color blanco de 0.50 m. de ancho.

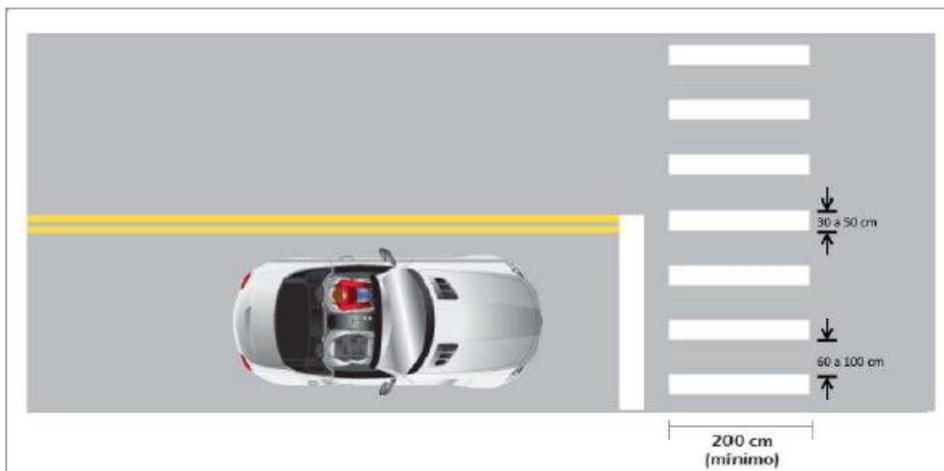
Figura 2. 33. Línea de pare



C.5. Líneas de cruce peatonal

Son un conjunto de líneas paralelas que abarcan el ancho de la calzada o superficie de rodadura de una vía y tienen por función indicar el lugar de cruce o paso peatonal. Las líneas paralelas de cruce peatonal son continuas, de color blanco y de 0.30 m. a 0.50 m. de ancho cada una, cuya separación es del mismo ancho de la línea de cruce peatonal, tendrá como mínimo 2.00 m. de ancho. Se colocan perpendicularmente al flujo peatonal, pudiendo también tener forma diagonal.

Figura 2. 34. Líneas de cruce peatonal



2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Carretera:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir con las normas técnicas.
- **Berma:** Franja longitudinal, pavimentada o no, comprendida entre el borde exterior de la calzada y la cuneta o talud.
- **Bombeo:** Pendiente transversal de la plataforma en tramos en tangente.
- **Calzada:** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.
- **Corona:** Superficie de la carretera terminada comprendida entre los bordes exteriores de las bermas.
- **Curva horizontal:** Curva circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal.
- **Curva vertical:** Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.
- **Distancia de parada:** Es la mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.
- **Eje:** Línea que define el trazado en planta o perfil de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.
- **Pendiente:** Inclinación de una rasante en el sentido de avance.
- **Peralte:** Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.
- **Cuneta:** Canal generalmente triangular o rectangular localizado al lado de la berma destinada a recolectar las aguas de lluvia o de otra fuente, que caen sobre la plataforma del camino.
- **Subrasante:** Superficie del camino sobre la que se construirá la estructura del pavimento.
- **Tránsito:** Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje.
- **Cota:** Altura de un punto sobre un plano horizontal de referencia.

- **Índice medio diario anual (IMDA):** Volumen promedio del tránsito de vehículos en ambos sentidos de la carretera, durante 24 horas, para un período anual.
- **Perfil longitudinal:** Trazo del eje longitudinal de la carretera con indicación de cotas y distancias.
- **Sobreancho.** Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos.
- **Talud:** Inclinación de diseño dada al terreno lateral de la carretera, tanto en zonas de corte como en terraplenes. Dicha inclinación es la tangente del ángulo formado por el plano de la superficie del terreno y la línea teórica horizontal
- **Tránsito:** Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje.
- **Velocidad de diseño:** Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

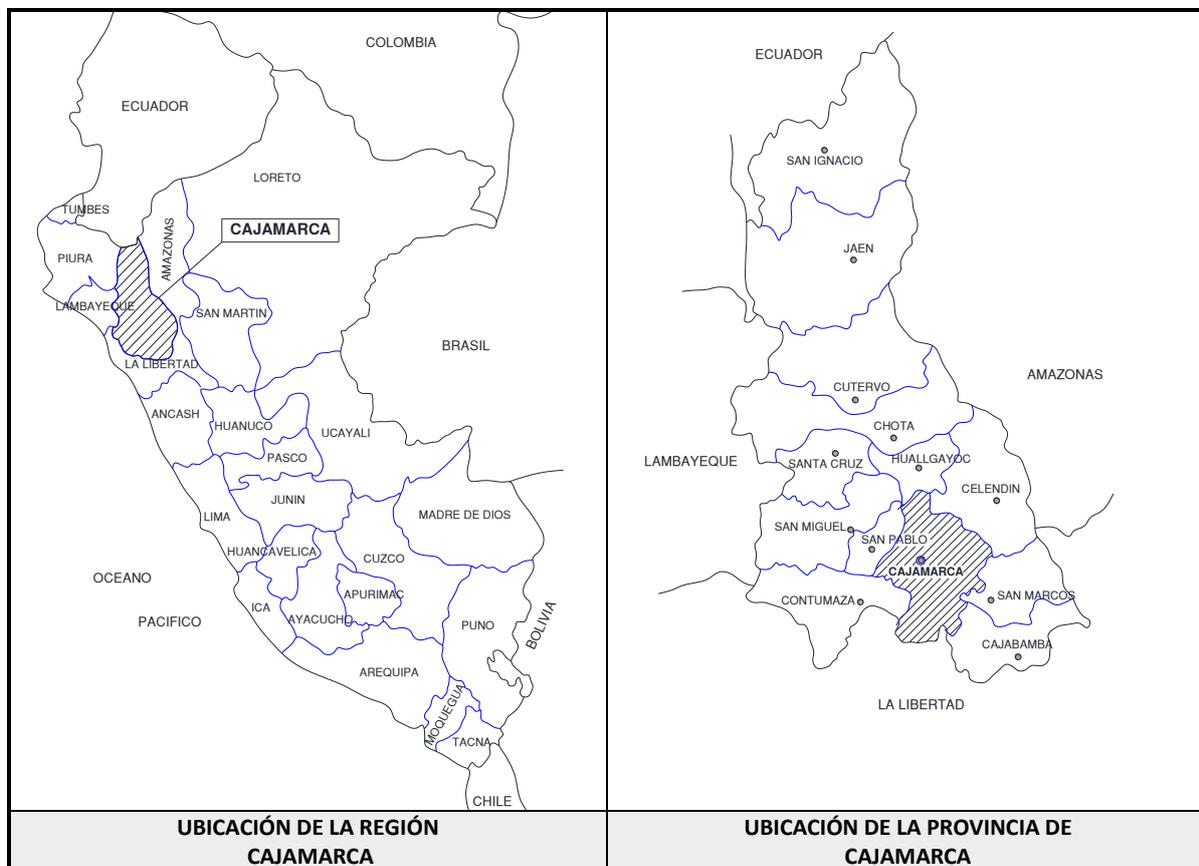
3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

La carretera en estudio inicia en la intersección de la Avenida Hoyos Rubio y el desvío al C.P Otuzco Km 00 + 000, y termina en el C.P Otuzco Km 06 + 788.

3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA.

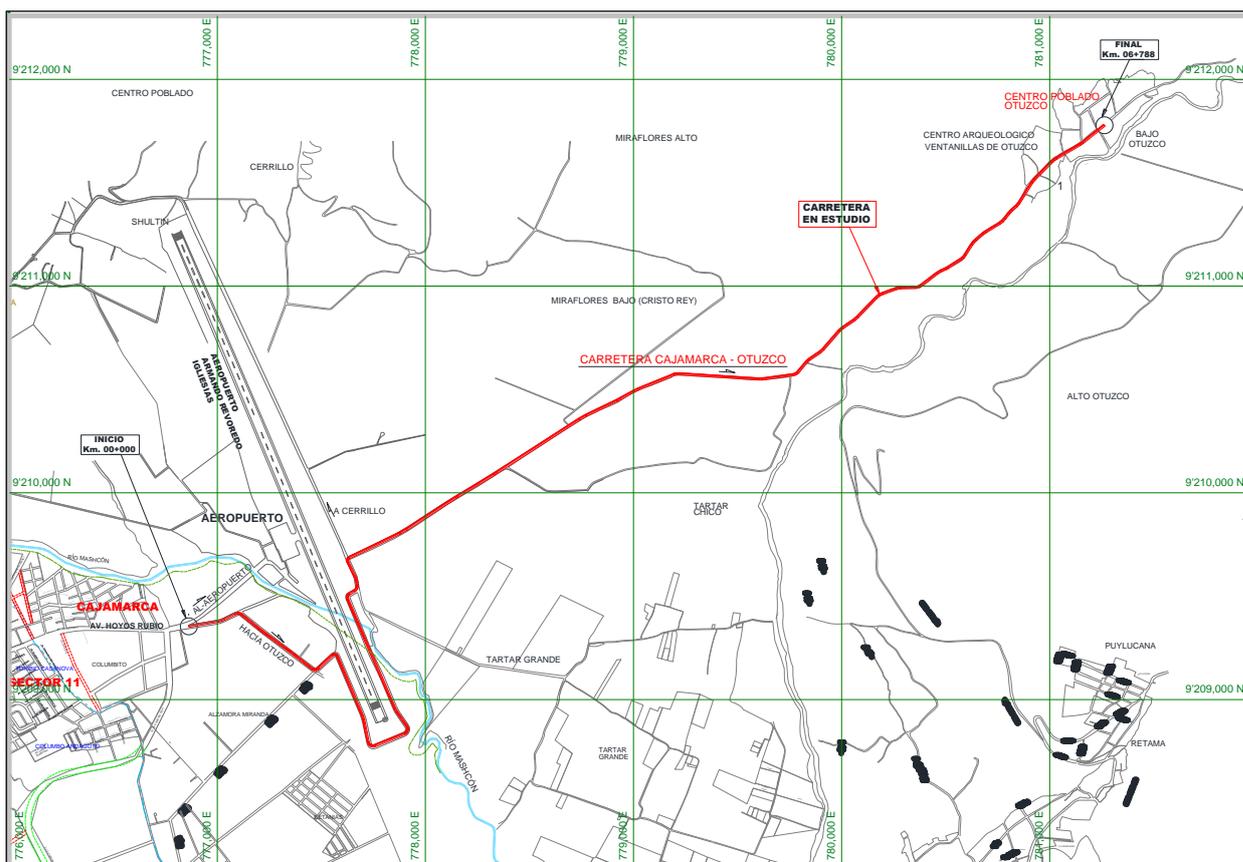
- País : Perú.
- Región : Cajamarca.
- Provincia : Cajamarca
- Distrito : Baños del Inca
- Centro Poblado : C.P Otuzco

Figura 3. 1. Ubicación geográfica del Proyecto



Fuente: www.google.com.pe/geogpsperu.com

Figura 3. 2. Ubicación Carretera en Estudio



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Datum : World Geodesic System – WGS84.
 Proyección : Universal Transversal Mercator – UTM.
 Zona : 17S.

Punto de Inicio:

- Lugar: intersección de la Avenida Hoyos Rubio y carretera al C.P Otuzco Km: 00+000 en la Provincia de Cajamarca:

Punto final:

- Lugar: C.P Otuzco Km: 06+788.

Tabla 3. 1. Coordenadas UTM y Geográficas

PUNTO	PROGRESIVA	COORDENADAS U.T.M.		COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ELEVACIÓN (msnm)
		ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD	
INICIO	Km 00+000	776863.42	9209354.12	7° 8' 45.71"S	78° 29' 36.00"O	2688.64
FINAL	Km 06+788	781262.99	9211778.05	7° 7' 26.07"S	78° 27' 13.16"O	2723.40

Fuente: Elaboración Propia

3.2. TIEMPO DE REALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se realizó dentro del periodo comprendido entre Noviembre del 2018 – Mayo del 2019.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. TIPO, NIVEL DE DISEÑO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

- Tipo: Cuantitativa
- Nivel: Descriptivo
- Método: Aplicada

3.3.2. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Las carreteras del distrito de los Baños del Inca.

3.3.3. MUESTRA

La carretera Cajamarca – Otuzco, desde el Km 00+000 – al Km 06+788.

3.3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Kilómetros de carretera.

3.4. MATERIALES E INSTRUMENTOS

- Estación total – Leica Geosystems TS-06.
- Prismas (04).
- Gps - Garmin eTrex Vista HCx.
- Eclímetro.
- Wincha topográfica (50m), Wincha metálica (5m).
- Brocha, Pincel.
- Pintura esmalte, Spray.
- Estacas.
- Libreta de campo, Tableros de mano.
- Lapiceros, correctores y resaltadores.

3.5. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica que se empleó en la presente tesis para la recolección de datos fue a través de la observación **directa**, a partir de mediciones en campo, el levantamiento topográfico de la carretera existente y aforo vehicular.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. Reconocimiento de la zona

A través del reconocimiento directo se pudo observar e identificar las principales características geométricas de la carretera, si cuenta con obras de arte (pontones, puentes, alcantarillas, entre otros), se determinó los puntos de inicio y final del tramo en estudio.

Así mismo se determinó las características del terreno y los posibles puntos estratégicos para ser usados como estaciones durante el levantamiento topográfico.

Luego de ello se procedió a realizar la evaluación en campo de la señalización vertical y horizontal de la carretera en estudio.

3.6.2. Levantamiento Topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico del tramo de la carretera Cajamarca – C.P Otuzco, este trabajo se realizó con estación total empleando el siguiente procedimiento.

Primero se ubicó la estación en un punto donde se tenga la mayor visibilidad de la carretera, en esta primera estación se empleó el método de orientación con ángulos; para lo cual el punto se materializó con pintura (estación E1), se ingresó el nombre de la estación E1, ingresamos las coordenadas (X, Y, Z) de E1 las que fueron tomadas con GPS, seguido de ello se ingresó la altura de instrumento el que se obtuvo de medir con wincha.

Segundo se procedió con la orientación, para lo cual se fijó el norte magnético con ayuda de la brújula magnética de esta manera se crea una línea de referencia para el levantamiento topográfico, posteriormente fijamos el ángulo horizontal en $0^{\circ}.00'00''$, de esta manera el equipo queda estacionado y orientado. Seguidamente empezamos con la radiación de todos los puntos de la carretera tales como: eje de la carretera, ancho de calzada, cunetas, alcantarillas, quebradas, teniendo en cuenta el estacado en tramos rectos cada 20m. y en tramos en curvas cada 10m.

3.6.3. Aforo de tránsito vehicular

Se realizó el aforo vehicular durante una semana, desde el lunes 5 de Noviembre al domingo 11 de Noviembre del año 2018, en el horario de: 7:00 am – 6:00 pm, con la finalidad de determinar el número de vehículos que transitan por la carretera y determinar la clasificación de la carretera y vehículo de diseño; El registro de los datos de conteo se hizo en la intersección de la carretera Otuzco y carretera hacia Cerrillo.

3.6.4. Trabajo de gabinete

- Terminada la fase de campo, se procesa la información obtenida en la zona, realizando el modelamiento de la carretera, tanto en planta, perfil y secciones transversales mediante el software Autocad Civil 3D 2018.
- Se realizó el alineamiento de la carretera
- Se realizó el perfil longitudinal
- Se realizó las secciones transversales de la carretera
- Se realizó los planos finales tanto en planta como en perfil
- Mediante hojas de cálculo en Excel se ejecuta el análisis y la comparación de las características geométricas de la carretera en estudio con las normas estipuladas en el Manual de Diseño de Carreteras DG - 2018.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. DATOS TOPOGRÁFICOS

La Carretera Cajamarca – Otuzco (Km 00+000 – Km 06+788), Que forma parte del presente proyecto se encuentra ubicada en la Departamento - Provincia de Cajamarca - Distrito de Baños del Inca.

El proyecto en mención se encuentra entre las coordenadas geográficas:

Cajamarca: Latitud 7° 8' 45.71" S y 78° 29' 36.00" O

Otuzco: Latitud 7° 7' 26.07" S y 78° 27' 13.16" O

La carretera en estudio presenta un relieve plano, ubicado entre los 2688.64 m.s.n.m y 2723.40 m.s.n.m. de altitud.

Se ha realizado el levantamiento topográfico seccionado cada 20m en tramos tangentes y en tramos curvos cada 10m aproximadamente, y por cada sección se ha tomado 10 puntos aproximadamente.

4.2. DISEÑO GEOMÉTRICO

4.2.1. CLASIFICACIÓN DE LA VÍA

4.2.1.1. Clasificación por demanda

Para clasificar la carretera según la demanda, se procedió a realizar el aforo vehicular durante 7 días consecutivos con la finalidad de determinar la composición y volumen vehicular.

Luego de la información recogida del aforo, se obtuvo los resultados de los volúmenes de tráfico en la vía, por día, tipo de vehículo y el consolidado de ambos sentidos, los resultados obtenidos fueron expresados en términos de Índice Medio Diario Anual (IMDa).

De acuerdo a la tabla 4.1. La vía tiene un IMDAnual entre 2000 -400 veh/día, por lo tanto, se clasifica dentro de una **carretera de segunda clase** con una calzada de dos carriles de 3.30m de ancho mínimo.

4.2.2. CARACTERÍSTICAS DE TRANSITO

4.2.2.1. Índice medio diario anual de tránsito (Imda)

Los aforos realizados tienen por objetivo conocer los volúmenes de tráfico que soporta la carretera en estudio, así como su composición vehicular y variación diaria.

El Índice Medio Diario (IMD), se ha calculado con la siguiente formula:

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Dónde:

IMDA: Índice Medio Diario Anual.

IMDS: Índice Medio Diario Semanal o promedio de tráfico diario semanal.

FC : Factor de corrección estacional

El índice medio diario semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la carretera durante 7 días.

$$\text{IMDS} = \sum V_i / 7$$

Dónde:

V_i : Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico.

El índice medio diario semanal (IMDS) = 1931 veh/día.

El factor de corrección estacional (FC) = 1 debido a que no existe estaciones de peaje en el tramo en evaluación; entonces el IMDA=1931 veh/día.

El resumen del tráfico diario por tipo de vehículo se obtuvo de la suma del aforo vehicular en ambos sentidos, cuyos resultados consolidados se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4. 1. Índice medio diario

PERIODO: Primera Semana de Censo

PROV.: Cajamarca

PUNTO: Inicio de tramo KM 02+420 desvío a Cerrillo

DIST.: Los Baños del Inca

DIA	SENTIDO	AUTOMO VIL	CAMIONETA PICK UP	COMBIS	MICROBUS	CAMION 2 EJES (C2)	CAMION 3 EJES (C3)	T2S2	T2S3	TOTAL
DOMINGO	CAJAMARCA-C.P OTUZCO	202	161	253	6	36	14	2	0	674
	C.P OTUZCO-CAJAMARCA	208	169	242	7	32	12	3	0	673
	AMBOS SENTIDOS	410	330	495	13	68	26	5	0	1347
LUNES	CAJAMARCA-C.P OTUZCO	322	340	361	7	84	10	4	2	1130
	C.P OTUZCO-CAJAMARCA	315	325	346	5	96	11	5	1	1104
	AMBOS SENTIDOS	637	665	707	12	180	21	9	3	2234
MARTES	CAJAMARCA-C.P OTUZCO	325	301	343	3	76	13	3	1	1065
	C.P OTUZCO-CAJAMARCA	298	266	336	4	65	16	2	1	988
	AMBOS SENTIDOS	623	567	679	7	141	29	5	2	2053
MIÉRCOLES	CAJAMARCA-C.P OTUZCO	327	224	346	2	53	14	2	0	968
	C.P OTUZCO-CAJAMARCA	310	230	337	3	64	18	2	0	964
	AMBOS SENTIDOS	637	454	683	5	117	32	4	0	1932
JUEVES	CAJAMARCA-C.P OTUZCO	318	294	333	8	72	16	4	2	1047
	C.P OTUZCO-CAJAMARCA	292	262	325	6	61	17	3	2	968
	AMBOS SENTIDOS	610	556	658	14	133	33	7	4	2015
VIERNES	CAJAMARCA-C.P OTUZCO	286	305	358	5	37	12	0	2	1005
	C.P OTUZCO-CAJAMARCA	234	270	345	4	28	13	0	2	896
	AMBOS SENTIDOS	520	575	703	9	65	25	0	4	1901
SÁBADO	CAJAMARCA-C.P OTUZCO	335	304	366	3	26	10	2	0	1046
	C.P OTUZCO-CAJAMARCA	315	274	353	4	34	8	2	0	990
	AMBOS SENTIDOS	650	578	719	7	60	18	4	0	2036
TOTAL SEMANA		4087	3725	4644	67	764	184	34	13	13518
IMDs		584	532	663	10	109	26	5	2	1931

FUENTE: Elaboración Propia

4.2.2.2. Clasificación por Orografía

Para determinar la orografía de tramo de carretera en estudio se procedió a realizar mediciones de pendiente transversal de la carretera.

De acuerdo a la **tabla 4.3**. El terreno presenta una **orografía plana (Tipo 1)**, pues tiene pendientes transversales menores o iguales al 10%. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla 4. 2. Pendientes transversales de la carretera

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
0+000.00	0.00	PLANO
0+020.00	1.41	PLANO
0+040.00	1.30	PLANO
0+060.00	0.85	PLANO
0+080.00	0.61	PLANO
0+100.00	0.33	PLANO
0+120.00	1.26	PLANO
0+140.00	4.95	PLANO
0+150.00	5.76	PLANO
0+160.00	3.27	PLANO
0+170.00	3.07	PLANO
0+180.00	2.26	PLANO
0+200.00	1.15	PLANO
0+220.00	0.68	PLANO
0+240.00	3.48	PLANO
0+250.00	3.50	PLANO
0+260.00	3.01	PLANO
0+280.00	2.30	PLANO
0+300.00	2.05	PLANO
0+320.00	1.74	PLANO
0+340.00	1.89	PLANO
0+360.00	1.41	PLANO
0+380.00	0.52	PLANO
0+400.00	0.29	PLANO
0+410.00	0.10	PLANO
0+420.00	0.40	PLANO
0+440.00	1.58	PLANO
0+460.00	0.72	PLANO
0+480.00	1.17	PLANO
0+500.00	0.94	PLANO
0+520.00	0.33	PLANO
0+540.00	1.53	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
0+560.00	2.24	PLANO
0+570.00	2.70	PLANO
0+580.00	2.34	PLANO
0+600.00	1.29	PLANO
0+620.00	1.10	PLANO
0+640.00	0.47	PLANO
0+660.00	0.78	PLANO
0+680.00	1.29	PLANO
0+700.00	0.61	PLANO
0+710.00	3.02	PLANO
0+720.00	3.44	PLANO
0+740.00	0.66	PLANO
0+760.00	0.28	PLANO
0+780.00	1.83	PLANO
0+800.00	1.33	PLANO
0+820.00	2.04	PLANO
0+830.00	3.10	PLANO
0+840.00	1.45	PLANO
0+860.00	1.11	PLANO
0+880.00	1.57	PLANO
0+900.00	1.92	PLANO
0+920.00	2.34	PLANO
0+940.00	1.81	PLANO
0+960.00	2.65	PLANO
0+980.00	2.78	PLANO
1+000.00	1.86	PLANO
1+020.00	1.26	PLANO
1+040.00	1.77	PLANO
1+060.00	1.69	PLANO
1+080.00	1.53	PLANO
1+100.00	1.19	PLANO
1+120.00	0.38	PLANO
1+140.00	1.26	PLANO
1+160.00	1.95	PLANO
1+170.00	2.16	PLANO
1+180.00	2.57	PLANO
1+200.00	2.62	PLANO
1+220.00	0.74	PLANO
1+240.00	0.78	PLANO
1+260.00	1.39	PLANO
1+280.00	2.10	PLANO
1+300.00	3.69	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
1+310.00	4.51	PLANO
1+320.00	8.69	PLANO
1+330.00	0.81	PLANO
1+340.00	0.84	PLANO
1+360.00	1.55	PLANO
1+380.00	2.23	PLANO
1+400.00	3.02	PLANO
1+420.00	3.07	PLANO
1+440.00	3.53	PLANO
1+460.00	4.38	PLANO
1+480.00	5.18	PLANO
1+490.00	5.55	PLANO
1+500.00	5.85	PLANO
1+510.00	13.65	ONDULADO
1+520.00	2.98	PLANO
1+530.00	0.31	PLANO
1+540.00	9.51	PLANO
1+560.00	1.90	PLANO
1+580.00	0.95	PLANO
1+600.00	0.20	PLANO
1+620.00	0.79	PLANO
1+630.00	0.88	PLANO
1+640.00	0.52	PLANO
1+660.00	1.96	PLANO
1+680.00	1.14	PLANO
1+700.00	0.65	PLANO
1+720.00	0.65	PLANO
1+740.00	0.11	PLANO
1+760.00	1.10	PLANO
1+780.00	2.10	PLANO
1+800.00	3.54	PLANO
1+820.00	4.51	PLANO
1+840.00	2.35	PLANO
1+860.00	1.95	PLANO
1+880.00	1.17	PLANO
1+900.00	0.57	PLANO
1+920.00	2.00	PLANO
1+940.00	1.13	PLANO
1+960.00	0.92	PLANO
1+980.00	0.59	PLANO
2+000.00	0.55	PLANO
2+020.00	0.29	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
2+040.00	0.30	PLANO
2+060.00	0.75	PLANO
2+080.00	0.88	PLANO
2+100.00	0.73	PLANO
2+120.00	0.82	PLANO
2+140.00	0.78	PLANO
2+160.00	0.44	PLANO
2+180.00	0.02	PLANO
2+200.00	7.44	PLANO
2+210.00	6.45	PLANO
2+220.00	3.41	PLANO
2+230.00	0.01	PLANO
2+240.00	1.53	PLANO
2+260.00	0.02	PLANO
2+270.00	0.81	PLANO
2+280.00	2.68	PLANO
2+290.00	3.44	PLANO
2+300.00	2.31	PLANO
2+320.00	2.20	PLANO
2+330.00	1.49	PLANO
2+340.00	2.88	PLANO
2+360.00	2.30	PLANO
2+380.00	0.45	PLANO
2+400.00	0.28	PLANO
2+420.00	1.47	PLANO
2+430.00	3.48	PLANO
2+440.00	1.96	PLANO
2+460.00	0.21	PLANO
2+480.00	1.04	PLANO
2+500.00	1.02	PLANO
2+520.00	2.38	PLANO
2+540.00	0.15	PLANO
2+560.00	1.40	PLANO
2+580.00	0.30	PLANO
2+600.00	5.27	PLANO
2+620.00	5.06	PLANO
2+640.00	2.10	PLANO
2+660.00	1.35	PLANO
2+680.00	1.62	PLANO
2+700.00	1.40	PLANO
2+720.00	0.14	PLANO
2+730.00	0.41	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
2+740.00	1.97	PLANO
2+750.00	4.20	PLANO
2+760.00	5.57	PLANO
2+780.00	5.69	PLANO
2+800.00	4.82	PLANO
2+820.00	3.53	PLANO
2+840.00	1.97	PLANO
2+860.00	0.17	PLANO
2+880.00	0.75	PLANO
2+900.00	0.33	PLANO
2+920.00	0.40	PLANO
2+940.00	0.30	PLANO
2+960.00	0.47	PLANO
2+980.00	0.18	PLANO
3+000.00	0.93	PLANO
3+020.00	0.95	PLANO
3+040.00	0.20	PLANO
3+060.00	0.86	PLANO
3+080.00	0.49	PLANO
3+100.00	0.86	PLANO
3+120.00	2.48	PLANO
3+140.00	2.10	PLANO
3+160.00	0.83	PLANO
3+180.00	0.02	PLANO
3+200.00	7.13	PLANO
3+220.00	2.91	PLANO
3+240.00	1.62	PLANO
3+260.00	0.94	PLANO
3+280.00	1.71	PLANO
3+300.00	1.50	PLANO
3+320.00	0.96	PLANO
3+340.00	0.26	PLANO
3+360.00	0.82	PLANO
3+380.00	0.15	PLANO
3+400.00	0.75	PLANO
3+420.00	0.19	PLANO
3+440.00	0.08	PLANO
3+460.00	1.52	PLANO
3+480.00	3.22	PLANO
3+500.00	3.08	PLANO
3+520.00	0.77	PLANO
3+540.00	1.57	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
3+560.00	1.02	PLANO
3+580.00	0.37	PLANO
3+600.00	1.39	PLANO
3+620.00	2.28	PLANO
3+640.00	2.56	PLANO
3+660.00	3.12	PLANO
3+680.00	1.68	PLANO
3+700.00	0.76	PLANO
3+720.00	0.36	PLANO
3+740.00	7.62	PLANO
3+750.00	7.95	PLANO
3+760.00	9.70	PLANO
3+770.00	11.29	ONDULADO
3+780.00	9.49	PLANO
3+800.00	5.25	PLANO
3+820.00	8.66	PLANO
3+840.00	6.20	PLANO
3+860.00	4.96	PLANO
3+880.00	2.10	PLANO
3+900.00	3.10	PLANO
3+920.00	4.45	PLANO
3+940.00	5.17	PLANO
3+950.00	5.19	PLANO
3+960.00	5.28	PLANO
3+980.00	2.35	PLANO
4+000.00	4.36	PLANO
4+020.00	0.69	PLANO
4+040.00	2.06	PLANO
4+050.00	3.51	PLANO
4+060.00	4.67	PLANO
4+080.00	1.69	PLANO
4+100.00	9.58	PLANO
4+120.00	0.28	PLANO
4+140.00	1.55	PLANO
4+160.00	2.25	PLANO
4+180.00	1.99	PLANO
4+200.00	4.97	PLANO
4+220.00	0.33	PLANO
4+240.00	8.16	PLANO
4+250.00	2.67	PLANO
4+260.00	0.15	PLANO
4+280.00	2.01	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
4+300.00	2.52	PLANO
4+320.00	3.60	PLANO
4+340.00	5.33	PLANO
4+360.00	4.07	PLANO
4+380.00	4.54	PLANO
4+400.00	1.23	PLANO
4+420.00	2.98	PLANO
4+440.00	0.16	PLANO
4+460.00	1.96	PLANO
4+480.00	1.55	PLANO
4+500.00	8.07	PLANO
4+520.00	12.15	ONDULADO
4+540.00	6.80	PLANO
4+560.00	0.87	PLANO
4+580.00	1.14	PLANO
4+600.00	1.22	PLANO
4+620.00	2.30	PLANO
4+640.00	3.21	PLANO
4+650.00	3.70	PLANO
4+660.00	1.11	PLANO
4+670.00	0.41	PLANO
4+680.00	0.21	PLANO
4+700.00	6.89	PLANO
4+720.00	8.84	PLANO
4+740.00	10.77	ONDULADO
4+760.00	9.71	PLANO
4+780.00	12.67	ONDULADO
4+800.00	6.90	PLANO
4+820.00	0.87	PLANO
4+830.00	2.89	PLANO
4+840.00	3.14	PLANO
4+860.00	1.34	PLANO
4+880.00	0.72	PLANO
4+900.00	2.99	PLANO
4+920.00	4.62	PLANO
4+940.00	1.68	PLANO
4+960.00	0.13	PLANO
4+980.00	2.19	PLANO
5+000.00	4.56	PLANO
5+010.00	4.51	PLANO
5+020.00	2.76	PLANO
5+040.00	3.31	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
5+060.00	2.91	PLANO
5+080.00	6.47	PLANO
5+100.00	6.42	PLANO
5+120.00	6.73	PLANO
5+140.00	2.81	PLANO
5+150.00	0.53	PLANO
5+160.00	0.61	PLANO
5+180.00	0.26	PLANO
5+200.00	1.02	PLANO
5+220.00	1.01	PLANO
5+230.00	1.72	PLANO
5+240.00	0.85	PLANO
5+260.00	1.20	PLANO
5+280.00	1.62	PLANO
5+300.00	2.86	PLANO
5+320.00	0.08	PLANO
5+340.00	4.38	PLANO
5+360.00	0.29	PLANO
5+370.00	2.67	PLANO
5+380.00	4.50	PLANO
5+390.00	7.04	PLANO
5+400.00	11.06	ONDULADO
5+420.00	32.04	ONDULADO
5+440.00	4.21	PLANO
5+460.00	15.43	ONDULADO
5+480.00	6.58	PLANO
5+490.00	2.89	PLANO
5+500.00	0.97	PLANO
5+520.00	1.27	PLANO
5+540.00	2.55	PLANO
5+560.00	1.64	PLANO
5+570.00	6.36	PLANO
5+580.00	5.70	PLANO
5+590.00	5.23	PLANO
5+600.00	3.34	PLANO
5+620.00	1.07	PLANO
5+640.00	0.95	PLANO
5+660.00	0.85	PLANO
5+680.00	2.12	PLANO
5+700.00	2.31	PLANO
5+710.00	0.98	PLANO
5+720.00	0.98	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
5+740.00	0.32	PLANO
5+750.00	3.70	PLANO
5+760.00	8.24	PLANO
5+780.00	2.12	PLANO
5+800.00	2.54	PLANO
5+820.00	4.15	PLANO
5+830.00	3.11	PLANO
5+840.00	3.51	PLANO
5+850.00	3.80	PLANO
5+860.00	3.56	PLANO
5+880.00	0.29	PLANO
5+900.00	1.68	PLANO
5+920.00	1.65	PLANO
5+930.00	0.74	PLANO
5+940.00	1.89	PLANO
5+960.00	0.99	PLANO
5+980.00	10.13	ONDULADO
5+990.00	15.00	ONDULADO
6+000.00	2.22	PLANO
6+020.00	7.19	PLANO
6+040.00	3.02	PLANO
6+060.00	1.45	PLANO
6+080.00	3.70	PLANO
6+090.00	1.01	PLANO
6+100.00	1.38	PLANO
6+110.00	0.28	PLANO
6+120.00	2.95	PLANO
6+140.00	1.54	PLANO
6+160.00	0.38	PLANO
6+170.00	1.34	PLANO
6+180.00	1.29	PLANO
6+200.00	8.24	PLANO
6+210.00	12.55	ONDULADO
6+220.00	32.11	ONDULADO
6+240.00	16.25	ONDULADO
6+260.00	13.18	ONDULADO
6+280.00	14.99	ONDULADO
6+300.00	7.83	PLANO
6+320.00	10.45	ONDULADO
6+340.00	3.43	PLANO
6+350.00	7.33	PLANO
6+360.00	6.81	PLANO

Progr.	Pendiente trans. (%)	Tipo de terreno
6+380.00	2.77	PLANO
6+400.00	9.91	PLANO
6+420.00	1.88	PLANO
6+440.00	12.56	ONDULADO
6+460.00	3.97	PLANO
6+480.00	3.39	PLANO
6+490.00	0.54	PLANO
6+500.00	0.26	PLANO
6+520.00	2.91	PLANO
6+540.00	3.11	PLANO
6+560.00	1.56	PLANO
6+580.00	2.64	PLANO
6+600.00	1.01	PLANO
6+620.00	2.43	PLANO
6+640.00	3.29	PLANO
6+650.00	0.07	PLANO
6+660.00	3.50	PLANO
6+680.00	4.99	PLANO
6+700.00	5.97	PLANO
6+720.00	6.20	PLANO
6+740.00	1.74	PLANO
6+760.00	0.73	PLANO
6+780.00	1.03	PLANO

Fuente: Elaboración propia

Por tanto:

SUPERFICIE	PENDIENTE
Plano	95.65%
Ondulado	4.35%
Accidentado	0.00%
Muy accidentado	0.00
Total	100%

De acuerdo a la siguiente tabla, tenemos una carretera **tipo 1**, clasificada de acuerdo al tipo de orografía.

Tabla 4. 3. Clasificación por Orografía

CLASIFICACIÓN POR OROGRAFÍA				
PENDIENTE	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4
TERRENO	PLANO	ONDULADO	ACCIDENTADO	ESCARPADO
i% LONGITUDINAL	< 3%	3 Y 6	6 Y 8	> 8%
i% TRANSVERSAL	< O = A 10%	11 Y 50	51 Y 100	> 100 %

Fuente: Manual de Diseño de Carreteras DG - 2018

4.2.3. VEHÍCULO DE DISEÑO

Para la elección del vehículo de diseño se consideró la composición del tráfico; eligiéndose al vehículo que transitó con mayor frecuencia de todos los vehículos pesados, que transitaron por la carretera en estudio.

Para el análisis de la composición de los vehículos, se clasificaron en vehículos ligeros (Autos, camionetas, combis y microbús) y vehículos pesados (camiones de 2 ejes, 3 ejes, T2S2, T2S3), el cual se muestra en la siguiente tabla.

- **Resumen de vehículos**

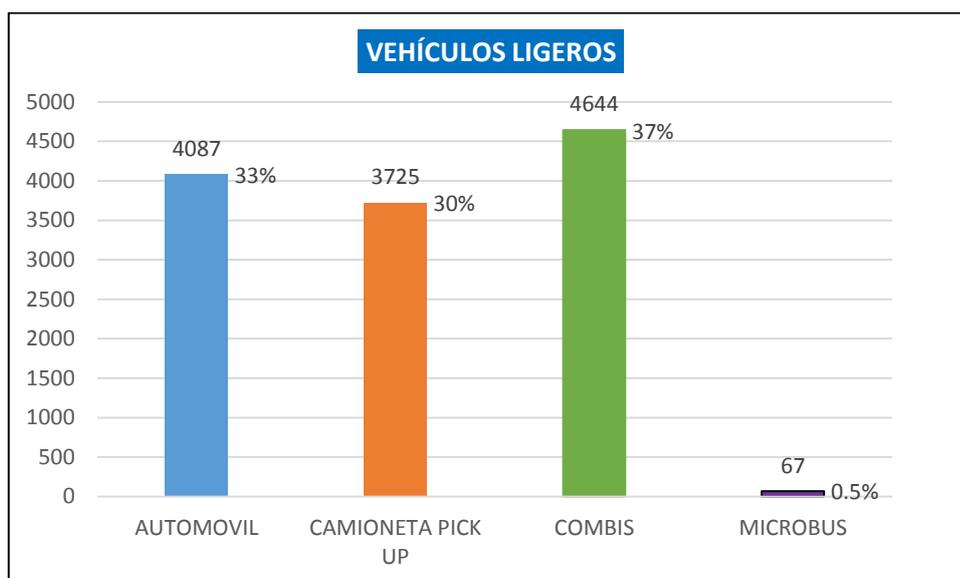
Tabla 4. 4. Tráfico por tipo de Vehículo

RESUMEN VEHÍCULOS LIGEROS		
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	Dist (%)
AUTOMOVIL	4087	33%
CAMIONETA PICK UP	3725	30%
CAMIONETA RURAL(Combi)	4644	37%
MICROBUS	67	0.5%
TOTAL=	12523	100%

Fuente: Elaboración Propia

Según el gráfico 4.1, los vehículos ligeros que presentan mayor incidencia son las camionetas rurales (Combi) con una cantidad de 4644, que representan el 37%.

Gráfico 4. 1. Tráfico por Vehículo ligeros



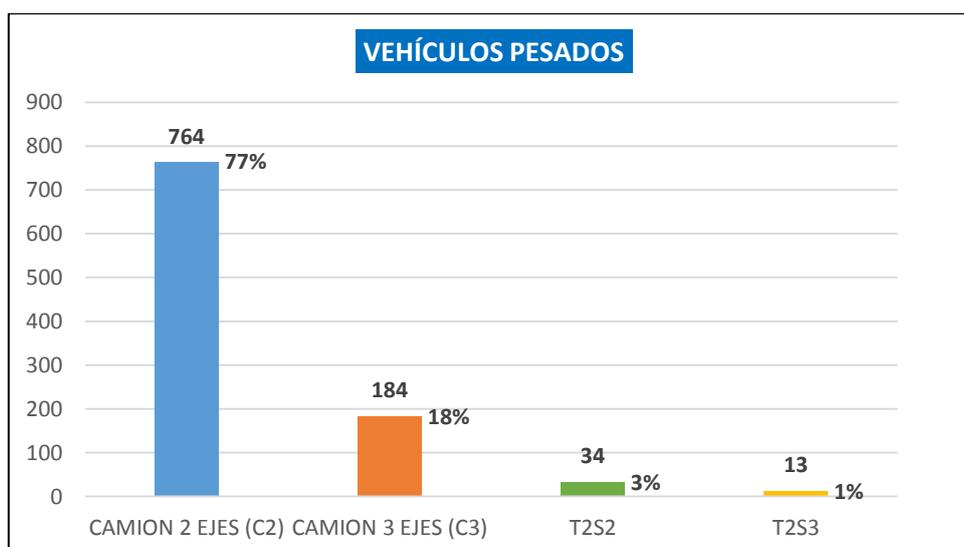
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4. 5. Tráfico Vehículos pesados

RESUMEN VEHÍCULOS PESADOS		
TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD	Dist (%)
CAMION 2 EJES (C2)	764	77%
CAMION 3 EJES (C3)	184	18%
T2S2	34	3%
T2S3	13	1%
TOTAL =	995	100%

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 4. 2. Tráfico Vehículos pesados

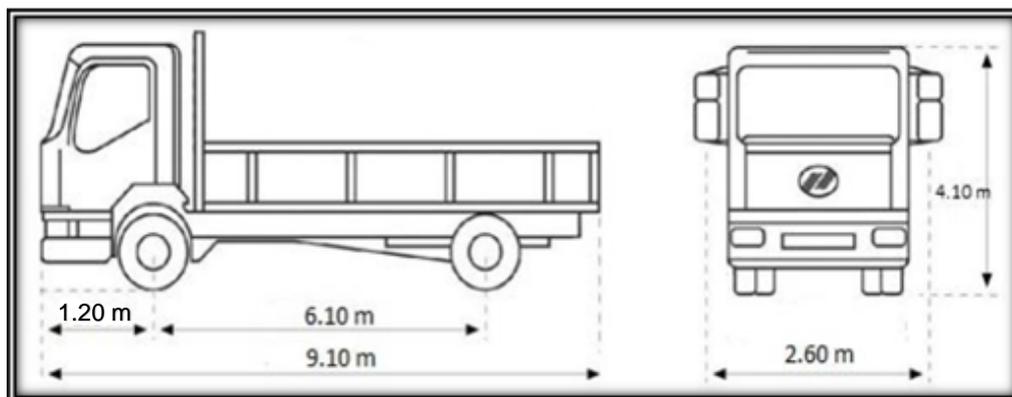


Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en el **gráfico 4.2** los vehículos pesados que presentan mayor incidencia son los camiones de 2 ejes (C2), con una cantidad de 764, que representan el 77%.

El vehículo de diseño para el presente estudio corresponde a un **camión C2**, esto de acuerdo al estudio de tráfico cuyas medidas se detallan a continuación.

Figura 4. 1. Tipo de vehículo de diseño C2



Tiene las siguientes características:

- Nomenclatura: C2
- Alto total: 4.10m.
- Ancho total: 2.60m.
- Largo total: 9.10 m.
- Longitud entre ejes: 6.10 m.
- Radio mínimo rueda externa delantera: 12.80m.
- Radio mínimo rueda interna trasera: 8.50 m.

Tabla 4. 6. Equivalencias de carga

C2	Peso (Kg.)		Factor Equivalencia Carga	
	Cargado	Descargado	Cargado	Descargado
Eje Delantero (simple)	7,000	7,000	0.5407	0.5407
Eje Posterior (Simple)	11,000	7,000	3.1714	0.5407
TOTAL	18,000	14,000	3.7121 (I)	1.814 (II)

4.2.4. VELOCIDAD DE DISEÑO (V)

La velocidad de diseño se determinó en función a la clasificación por demanda y al tipo de orografía que presenta la carretera en estudio. Mediante la tabla 4.7. se obtuvo una velocidad de diseño de **60 Km/h.**

Tabla 4. 7. Velocidad de Diseño

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

Fuente: Manual de Diseño Geométrico DG-2018

4.3. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA O ALINEAMIENTO HORIZONTAL

A. CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS HORIZONTALES

Para conocer las características de las curvas horizontales, se importaron los puntos obtenidos del levantamiento topográfico, al programa Autocad Civil 3D; de esta forma, ya que se conocían los puntos que pertenecían al eje, se trazó la poligonal abierta, y posteriormente se trazaron las curvas con sus correspondientes radios que definían a la actual carretera.

Posteriormente a partir de los radios actuales de las curvas existentes y sus deflexiones, se obtuvieron sus respectivos elementos de curva, para que posteriormente se pueda evaluar los parámetros de diseño.

Tabla 4. 8. Elementos de curva

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA								
N° CURVA	SENT.	ÁNGULO (Δ) Grad min seg	RADIO (m)	TANG. (m)	Lc (m)	E (m)	Sa (m)	P (%)
C1	I	17° 07' 51"	100	15.06	29.9	1.13	1.10	8.00
C2	D	66° 10' 49"	30	19.55	34.65	5.81	2.90	8.00
C3	I	3° 01' 17"	500	13.19	26.37	0.17	0.40	4.10
C4	D	2° 02' 39"	500	8.92	17.84	0.08	0.40	4.10
C5	I	82° 14' 06"	25	21.82	35.88	8.18	3.40	8.00
C6	D	111° 14' 01"	15	21.92	29.12	11.56	5.30	8.00
C7	D	11° 30' 31"	100	10.08	20.09	0.51	1.10	8.00
C8	I	100° 55' 29"	25	30.29	44.04	14.27	3.40	8.00
C9	I	102° 46' 08"	25	31.3	44.84	15.06	3.40	8.00
C10	D	11° 41' 06"	100	10.23	20.39	0.52	1.10	8.00
C11	D	82° 14' 47"	20	17.46	28.71	6.55	4.10	8.00
C12	I	67° 42' 45"	30	20.13	35.45	6.13	2.90	8.00
C13	I	17° 12' 04"	80	12.1	24.02	0.91	1.30	8.00
C14	D	89° 57' 07"	15	14.99	23.55	6.2	5.30	8.00
C15	I	7° 13' 49"	300	18.95	37.86	0.6	0.50	5.60
C16	D	1° 46' 13"	300	4.63	9.27	0.04	0.50	5.60
C17	I	1° 37' 37"	500	7.1	14.2	0.05	0.40	4.10
C18	D	7° 01' 43"	300	18.42	36.8	0.57	0.50	5.60
C19	I	3° 01' 55"	300	7.94	15.88	0.11	0.50	5.60
C20	D	6° 43' 28"	200	11.75	23.47	0.34	0.70	6.70
C21	D	26° 01' 22"	50	11.55	22.71	1.32	1.90	8.00
C22	I	11° 53' 10"	200	20.82	41.49	1.08	0.70	6.70
C23	I	41° 48' 39"	30	11.46	21.89	2.11	2.90	8.00
C24	D	15° 23' 21"	50	6.76	13.43	0.45	1.90	8.00
C25	I	14° 35' 44"	80	10.25	20.38	0.65	1.30	8.00
C26	D	14° 41' 05"	80	10.31	20.5	0.66	1.30	8.00
C27	I	11° 47' 39"	100	10.33	20.58	0.53	1.10	8.00
C28	D	26° 04' 32"	80	18.53	36.41	2.12	1.30	8.00
C29	D	18° 39' 25"	80	13.14	26.05	1.07	1.30	8.00
C30	I	36° 03' 18"	50	16.27	31.46	2.58	1.90	8.00
C31	D	13° 05' 25"	100	11.47	22.85	0.66	1.10	8.00
C32	I	8° 08' 52"	80	5.7	11.38	0.2	1.30	8.00
C33	I	24° 56' 29"	60	13.27	26.12	1.45	1.70	8.00

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA								
N° CURVA	SENT.	ÁNGULO (Δ) Grad min seg	RADIO (m)	TANG. (m)	Lc (m)	E (m)	Sa (m)	P (%)
C34	D	16° 29' 32"	100	14.49	28.78	1.04	1.10	8.00
C35	D	9° 21' 16"	100	8.18	16.33	0.33	1.10	8.00
C36	I	20° 44' 47"	100	18.31	36.21	1.66	1.10	8.00
C37	D	10° 41' 22"	100	9.36	18.66	0.44	1.10	8.00
C38	I	15° 58' 46"	60	8.42	16.73	0.59	1.70	8.00
C39	D	12° 15' 14"	100	10.73	21.39	0.57	1.10	8.00
C40	D	15° 04' 14"	100	13.23	26.3	0.87	1.10	8.00
C41	I	8° 27' 01"	100	7.39	14.75	0.27	1.10	8.00

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. TRAMOS EN TANGENTE

Para obtener longitudes recomendables en tangentes se utilizó: **Ecuación 2.5, 2.6, 2.7.** Así como lo especificado en el Manual de Diseño Geométrico de carreteras DG-2018, en la sección 302.03.

- Longitud recta mínima entre dos curvas de sentido contrario “S”

$$L_{min.s} = 1.39 V_d$$

$$L_{min.s} = 1.39 \cdot 60$$

$$L_{min.s} = 83.00 \text{ m.}$$

- Longitud recta mínima entre dos curvas en el mismo sentido “O”

$$L_{min.o} = 2.78 V_d$$

$$L_{min.o} = 2.78 \cdot 60$$

$$L_{min.o} = 167.00 \text{ m.}$$

- Longitud Máxima de tramo recto.

$$L_{m\acute{a}x} = 16.70 V_d$$

$$L_{m\acute{a}x} = 16.70 \cdot 60$$

$$L_{m\acute{a}x} = 1002.00 \text{ m.}$$

Tabla 4. 9. Evaluación de Longitud en tramos en tangente

N° P.I.	RADIO (m)	ÁNGULO DEFLEX. (Δ)	SENT.	TRAMO EN TANGENTE		L.T.T. (m)	CLASIF. "S", "O"	L. min. (m)	VERIFICACIÓN	
Inicio				Inicio	-	PI 01	143.57			
PI 01	100.00	17° 07' 51"	I	PI 01	-	PI 02	57.96	Lmin.s	83	No Cumple
PI 02	30.00	66° 10' 49"	D	PI 02	-	PI 03	124.12	Lmin.s	83	Cumple
PI 03	500.00	3° 01' 17"	I	PI 03	-	PI 04	149.79	Lmin.s	83	Cumple
PI 04	500.00	2° 02' 39"	D	PI 04	-	PI 05	108.42	Lmin.s	83	Cumple
PI 05	25.00	82° 14' 06"	I	PI 05	-	PI 06	91.04	Lmin.s	83	Cumple
PI 06	15.00	111° 14' 01"	D	PI 06	-	PI 07	313.46	Lmin.o	167	Cumple
PI 07	100.00	11° 30' 31"	D	PI 07	-	PI 08	107.9	Lmin.s	83	Cumple
PI 08	25.00	100° 55' 29"	I	PI 08	-	PI 09	151.71	Lmin.o	167	No Cumple
PI 09	25.00	102° 46' 08"	I	PI 09	-	PI 10	83.59	Lmin.s	83	Cumple
PI 10	100.00	11° 41' 06"	D	PI 10	-	PI 11	573.95	Lmin.o	167	Cumple
PI 11	20.00	82° 14' 47"	D	PI 11	-	PI 12	28.11	Lmin.s	83	No Cumple
PI 12	30.00	67° 42' 45"	I	PI 12	-	PI 13	12.33	Lmin.o	167	No Cumple
PI 13	80.00	17° 12' 04"	I	PI 13	-	PI 14	84.1	Lmin.s	83	Cumple
PI 14	15.00	89° 57' 07"	D	PI 14	-	PI 15	270.4	Lmin.s	83	Cumple
PI 15	300.00	7° 13' 49"	I	PI 15	-	PI 16	281.67	Lmin.s	83	Cumple
PI 16	300.00	1° 46' 13"	D	PI 16	-	PI 17	206.73	Lmin.s	83	Cumple
PI 17	500.00	1° 37' 37"	I	PI 17	-	PI 18	474.29	Lmin.s	83	Cumple
PI 18	300.00	7° 01' 43"	D	PI 18	-	PI 19	166.52	Lmin.s	83	Cumple
PI 19	300.00	3° 01' 55"	I	PI 19	-	PI 20	76.67	Lmin.s	83	No Cumple
PI 20	200.00	6° 43' 28"	D	PI 20	-	PI 21	184.81	Lmin.o	167	Cumple
PI 21	50.00	26° 01' 22"	D	PI 21	-	PI 22	380.02	Lmin.s	83	Cumple
PI 22	200.00	11° 53' 10"	I	PI 22	-	PI 23	134.16	Lmin.o	167	No Cumple
PI 23	30.00	41° 48' 39"	I	PI 23	-	PI 24	68.61	Lmin.s	83	No Cumple
PI 24	50.00	15° 23' 21"	D	PI 24	-	PI 25	65.23	Lmin.s	83	No Cumple
PI 25	80.00	14° 35' 44"	I	PI 25	-	PI 26	118.62	Lmin.s	83	Cumple
PI 26	80.00	14° 41' 05"	D	PI 26	-	PI 27	67.84	Lmin.s	83	No Cumple
PI 27	100.00	11° 47' 39"	I	PI 27	-	PI 28	130.54	Lmin.s	83	Cumple
PI 28	80.00	26° 04' 32"	D	PI 28	-	PI 29	66.53	Lmin.o	167	No Cumple
PI 29	80.00	18° 39' 25"	D	PI 29	-	PI 30	69.98	Lmin.s	83	No Cumple
PI 30	50.00	36° 03' 18"	I	PI 30	-	PI 31	94.16	Lmin.s	83	Cumple
PI 31	100.00	13° 05' 25"	D	PI 31	-	PI 32	24.87	Lmin.s	83	No Cumple
PI 32	80.00	8° 08' 52"	I	PI 32	-	PI 33	75.86	Lmin.o	167	No Cumple
PI 33	60.00	24° 56' 29"	I	PI 33	-	PI 34	62.5	Lmin.s	83	No Cumple
PI 34	100.00	16° 29' 32"	D	PI 34	-	PI 35	43.14	Lmin.o	167	No Cumple
PI 35	100.00	9° 21' 16"	D	PI 35	-	PI 36	80.9	Lmin.s	83	No Cumple
PI 36	100.00	20° 44' 47"	I	PI 36	-	PI 37	33.39	Lmin.s	83	No Cumple
PI 37	100.00	10° 41' 22"	D	PI 37	-	PI 38	30.52	Lmin.s	83	No Cumple
PI 38	60.00	15° 58' 46"	I	PI 38	-	PI 39	118.19	Lmin.s	83	Cumple
PI 39	100.00	12° 15' 14"	D	PI 39	-	PI 40	117.31	Lmin.o	167	No Cumple
PI 40	100.00	15° 04' 14"	D	PI 40	-	PI 41	133.47	Lmin.s	83	Cumple
PI 41	100.00	8° 27' 01"	I	PI 41	-	Final	134.62	Lmin.s	83	Cumple

Fuente: Elaboración propia

4.3.2. CURVAS CIRCULARES

Se diseñó curvas horizontales o circulares teniendo en cuenta el radio mínimo.

4.3.2.1. RADIOS MÍNIMOS

- Haciendo uso de la Ecuación 2.8 y la sección 302.04.02 del Manual de Diseño Geométrico DG-2018, para valores de Velocidad de diseño: 60 Km/h, Peralte máximo: 8% y Valor máximo de fricción: 0.15; obtenemos:

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

$$R_{\text{mín}} = \frac{60^2}{127(0.01 * 8 + 0.15)}$$

$$R_{\text{mín}} = 123.25 \text{ m.}$$

Teniendo en cuenta la **Tabla 2.7** (302.02 del Manual de Diseño Geométrico DG-2018), se asume el valor de:

$$R_{\text{mín}} = 125.00$$

Tabla 4. 10. Evaluación del Radio mínimo

Nº CURVA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	RADIO (m)	R.mín (m)	VERIFICACIÓN
C1	0+143.57	0+173.47	100.00	125.00	No Cumple
C2	0+231.43	0+266.09	30.00	125.00	No Cumple
C3	0+390.21	0+416.57	500.00	125.00	Cumple
C4	0+566.36	0+584.20	500.00	125.00	Cumple
C5	0+692.62	0+728.50	25.00	125.00	No Cumple
C6	0+819.55	0+848.67	15.00	125.00	No Cumple
C7	1+162.13	1+182.21	100.00	125.00	No Cumple
C8	1+290.11	1+334.15	25.00	125.00	No Cumple
C9	1+485.86	1+530.70	25.00	125.00	No Cumple
C10	1+614.29	1+634.68	100.00	125.00	No Cumple
C11	2+208.63	2+237.34	20.00	125.00	No Cumple
C12	2+265.45	2+300.91	30.00	125.00	No Cumple
C13	2+313.24	2+337.25	80.00	125.00	No Cumple
C14	2+421.36	2+444.90	15.00	125.00	No Cumple
C15	2+715.30	2+753.16	300.00	125.00	Cumple
C16	3+034.83	3+044.10	300.00	125.00	Cumple
C17	3+250.84	3+265.03	500.00	125.00	Cumple
C18	3+739.32	3+776.12	300.00	125.00	Cumple

N° CURVA	PROGRESIVA INICIAL	PROGRESIVA FINAL	RADIO (m)	R.mín (m)	VERIFICACIÓN
C19	3+942.64	3+958.52	300.00	125.00	Cumple
C20	4+035.19	4+058.66	200.00	125.00	Cumple
C21	4+243.47	4+266.18	50.00	125.00	No Cumple
C22	4+646.20	4+687.69	200.00	125.00	Cumple
C23	4+821.85	4+843.75	30.00	125.00	No Cumple
C24	4+912.35	4+925.78	50.00	125.00	No Cumple
C25	4+991.01	5+011.39	80.00	125.00	No Cumple
C26	5+130.02	5+150.52	80.00	125.00	No Cumple
C27	5+218.36	5+238.94	100.00	125.00	No Cumple
C28	5+369.49	5+405.89	80.00	125.00	No Cumple
C29	5+472.43	5+498.48	80.00	125.00	No Cumple
C30	5+568.46	5+599.92	50.00	125.00	No Cumple
C31	5+694.08	5+716.93	100.00	125.00	No Cumple
C32	5+741.80	5+753.17	80.00	125.00	No Cumple
C33	5+829.04	5+855.15	60.00	125.00	No Cumple
C34	5+917.65	5+946.44	100.00	125.00	No Cumple
C35	5+989.58	6+005.90	100.00	125.00	No Cumple
C36	6+086.81	6+123.02	100.00	125.00	No Cumple
C37	6+156.40	6+175.06	100.00	125.00	No Cumple
C38	6+205.58	6+222.31	60.00	125.00	No Cumple
C39	6+340.50	6+361.89	100.00	125.00	No Cumple
C40	6+479.19	6+505.50	100.00	125.00	No Cumple
C41	6+638.97	6+653.72	100.00	125.00	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2. LONGITUD DE CURVA HORIZONTAL

Ahora evaluaremos la longitud de curva teniendo en cuenta que según Manual de Diseño Geométrico DG-2018, La longitud mínima para curvas horizontales en carreteras principales $L_c \text{ min}$, deberá ser del orden de tres veces mayor que la velocidad de diseño expresado en km/h, es decir $L_c \text{ min} = 3V$. (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en Km/hora).

Debido a que nuestra velocidad directriz es 60 km/h; nuestra longitud mínima de curva será:

$$L = 3 V \Rightarrow L = 3 \times 60 = 180$$

Para $\Delta \leq 5^\circ$ la longitud de curva será:

$$L > 30(10 - \Delta)$$

Tabla 4. 11. Evaluación de longitud de curva

N° CURVA	ANG. DEFLEX. (Δ)			RADIO (m)	Lc	Lc SEGÚN DG-2018	VERIFICACIÓN
C1	17	7	51	100.00	29.90	180.00	NO CUMPLE
C2	66	10	49	30.00	34.65	180.00	NO CUMPLE
C3	3	1	17	500.00	26.37	209.36	NO CUMPLE
C4	2	2	39	500.00	17.84	238.68	NO CUMPLE
C5	82	14	6	25.00	35.88	180.00	NO CUMPLE
C6	111	14	1	15.00	29.12	180.00	NO CUMPLE
C7	11	30	31	100.00	20.09	180.00	NO CUMPLE
C8	100	55	29	25.00	44.04	180.00	NO CUMPLE
C9	102	46	8	25.00	44.84	180.00	NO CUMPLE
C10	11	41	6	100.00	20.39	180.00	NO CUMPLE
C11	82	14	47	20.00	28.71	180.00	NO CUMPLE
C12	67	42	45	30.00	35.45	180.00	NO CUMPLE
C13	17	12	4	80.00	24.02	180.00	NO CUMPLE
C14	89	57	7	15.00	23.55	180.00	NO CUMPLE
C15	7	13	49	300.00	37.86	180.00	NO CUMPLE
C16	1	46	13	300.00	9.27	246.89	NO CUMPLE
C17	1	37	37	500.00	14.20	251.19	NO CUMPLE
C18	7	1	43	300.00	36.80	180.00	NO CUMPLE
C19	3	1	55	300.00	15.88	209.04	NO CUMPLE
C20	6	43	28	200.00	23.47	180.00	NO CUMPLE
C21	26	1	22	50.00	22.71	180.00	NO CUMPLE
C22	11	53	10	200.00	41.49	180.00	NO CUMPLE
C23	41	48	39	30.00	21.89	180.00	NO CUMPLE
C24	15	23	21	50.00	13.43	180.00	NO CUMPLE
C25	14	35	44	80.00	20.38	180.00	NO CUMPLE
C26	14	41	5	80.00	20.50	180.00	NO CUMPLE
C27	11	47	39	100.00	20.58	180.00	NO CUMPLE
C28	26	4	32	80.00	36.41	180.00	NO CUMPLE
C29	18	39	25	80.00	26.05	180.00	NO CUMPLE
C30	36	3	18	50.00	31.46	180.00	NO CUMPLE
C31	13	5	25	100.00	22.85	180.00	NO CUMPLE
C32	8	8	52	80.00	11.38	180.00	NO CUMPLE
C33	24	56	29	60.00	26.12	180.00	NO CUMPLE
C34	16	29	32	100.00	28.78	180.00	NO CUMPLE
C35	9	21	16	100.00	16.33	180.00	NO CUMPLE
C36	20	44	47	100.00	36.21	180.00	NO CUMPLE
C37	10	41	22	100.00	18.66	180.00	NO CUMPLE
C38	15	58	46	60.00	16.73	180.00	NO CUMPLE
C39	12	15	14	100.00	21.39	180.00	NO CUMPLE
C40	15	4	14	100.00	26.30	180.00	NO CUMPLE
C41	8	27	1	100.00	14.75	180.00	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

4.4. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

4.4.1. PENDIENTE

Basándose en el Manual de Carreteras DG-2018, los parámetros de la pendiente serán:

- Pendiente mínima no deberá ser menor que **0.5%**.
- Para determinar la pendiente máxima se obtiene de la **tabla 2.8**; el cual se obtiene la pendiente máxima permitida de **6%**.

Tabla 4. 12. Pendiente Máxima

Demanda	Autopistas								Carretera				Carretera				Carretera			
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Vehículos/día	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera clase			
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								
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	9.00	10.00
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 Diseño Geométrico DG-2018

Tabla 4. 13. Evaluación de Pendientes

Punto Inicial	Punto Final	Pendiente Actual	Pendiente máxima	Pendiente mínima	Evaluación de pendiente
0+000.00	0+130.00	-1.10%	6%	0.50%	CUMPLE
0+130.00	0+480.00	-0.69%	6%	0.50%	CUMPLE
0+480.00	0+698.14	-1.12%	6%	0.50%	CUMPLE
0+698.14	1+290.00	-0.67%	6%	0.50%	CUMPLE
1+290.00	1+791.20	0.55%	6%	0.50%	CUMPLE
1+791.20	1+830.00	-2.20%	6%	0.50%	CUMPLE
1+830.00	2+279.96	0.77%	6%	0.50%	CUMPLE
2+279.96	2+440.00	1.08%	6%	0.50%	CUMPLE
2+440.00	2+590.00	-0.68%	6%	0.50%	CUMPLE
2+590.00	3+237.39	1.38%	6%	0.50%	CUMPLE
3+237.39	3+414.55	0.46%	6%	0.50%	NO CUMPLE
3+414.55	3+610.00	1.35%	6%	0.50%	CUMPLE
3+610.00	3+760.02	2.15%	6%	0.50%	CUMPLE
3+760.02	4+048.44	1.40%	6%	0.50%	CUMPLE
4+048.44	4+398.99	0.55%	6%	0.50%	CUMPLE
4+398.99	4+799.77	0.22%	6%	0.50%	NO CUMPLE

Punto Inicial	Punto Final	Pendiente Actual	Pendiente máxima	Pendiente mínima	Evaluación de pendiente
4+799.77	4+924.68	2.51%	6%	0.50%	CUMPLE
4+924.68	5+033.97	-0.76%	6%	0.50%	CUMPLE
5+033.97	5+200.00	3.68%	6%	0.50%	CUMPLE
5+200.00	5+510.00	2.78%	6%	0.50%	CUMPLE
5+510.00	5+800.00	-1.95%	6%	0.50%	CUMPLE
5+800.00	5+965.34	-0.51%	6%	0.50%	CUMPLE
5+965.34	6+110.00	2.18%	6%	0.50%	CUMPLE
6+110.00	6+232.90	-0.41%	6%	0.50%	NO CUMPLE
6+232.90	6+353.87	2.02%	6%	0.50%	CUMPLE
6+353.87	6+450.00	-0.67%	6%	0.50%	CUMPLE
6+450.00	6+605.06	0.81%	6%	0.50%	CUMPLE
6+605.06	6+671.14	-1.83%	6%	0.50%	CUMPLE
6+671.14	6+740.57	0.72%	6%	0.50%	CUMPLE
6+740.57	6+788.34	1.88%	6%	0.50%	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

4.4.2. CURVAS VERTICALES

Para el diseño de las curvas verticales se consideró todos aquellos tramos consecutivos que tienen como diferencia algebraica de sus pendientes igual o mayor a 2%.

Con el programa AUTOCAD CIVIL 3D, se diseñó curvas verticales cóncavas y convexas simétricas, para verificar si estas cumplen con los parámetros establecidos se calculó la distancia de visibilidad de parada para cada una de ellas usando la pendiente más crítica.

4.4.2.1. Distancias de visibilidad de parada.

Para el cálculo de la visibilidad de parada de estas curvas se utilizaron la **figura 2.1**, considerando la velocidad de diseño y las pendientes de entrada y salida, de las dos distancias de visibilidad se considera la más crítica.

4.4.2.2. Distancias de visibilidad de paso o adelantamiento.

Para el cálculo de la visibilidad de paso o adelantamiento, se ha calculado de acuerdo a la **figura 2.3**.

V (kph)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Da (m)	110	170	230	290	350	410	470	530	580	650	700	760	820

Para el presente estudio, la distancia de visibilidad de paso o adelantamiento es de 290.00 m.

4.4.2.3. Curvas verticales convexas.

Para contar con la visibilidad de parada (D_p), se utilizó los valores de la altura de ojo (h_1) = 1.07m y altura de objeto (h_2) = 0.15m, Según el Manual de Carreteras DG-2018 por ser el caso más común, se utilizarán las **ecuaciones 2.13 y 2.14.**

- Cuando $D_p < L$; $L = \frac{AD_p^2}{404}$... (Ecuación 2.13)
- Cuando $D_p > L$; $L = 2D_p - \frac{404}{A}$... (Ecuación 2.14)

4.4.2.4. Curvas verticales cóncavas.

Para el cálculo de la longitud mínima de curvas cóncavas con distancias de visibilidad de parada se utilizaron las **Ecuaciones 2.17 y 2.18**, y se consideró como el valor $D=D_p$ para mayor seguridad.

- Cuando $D_p < L$; $L = \frac{AD_p^2}{120+3.5D_p}$... (Ecuación 2.17)
- Cuando $D_p > L$; $L = 2D_p - \left(\frac{120+3.5D_p}{A}\right)$... (Ecuación 2.18)

En la siguiente tabla se muestra las curvas verticales existentes de la carretera en estudio.

Tabla 4. 14. Curvas Verticales Existentes

Nº DE CURVA	PROGR. PCV	PROGR. PIV	PROGR. PTV	PENDIENTE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	DIF. ALG. DE PENDIENTES (A)	LONG. CURVA ACTUAL (L)
CV-1	0+110.00	0+130.00	0+150.00	-1.10%	-0.69%	0.41%	40
CV-2	0+460.00	0+480.00	0+500.00	-0.69%	-1.12%	0.43%	40
CV-3	0+678.14	0+698.14	0+718.14	-1.12%	-0.67%	0.45%	40
CV-4	1+270.00	1+290.00	1+310.00	-0.67%	0.55%	1.22%	40
CV-5	1+771.20	1+791.20	1+811.20	0.55%	-2.20%	2.75%	40
CV-6	1+815.00	1+830.00	1+845.00	-2.20%	0.77%	2.97%	30
CV-7	2+259.96	2+279.96	2+299.96	0.77%	1.08%	0.31%	40
CV-8	2+420.00	2+440.00	2+460.00	1.08%	-0.68%	1.76%	40
CV-9	2+570.00	2+590.00	2+610.00	-0.68%	1.38%	2.06%	40
CV-10	3+217.39	3+237.39	3+257.39	1.38%	0.46%	0.92%	40
CV-11	3+394.55	3+414.55	3+434.55	0.46%	1.35%	0.89%	40
CV-12	3+590.00	3+610.00	3+630.00	1.35%	2.15%	0.80%	40
CV-13	3+740.02	3+760.02	3+780.02	2.15%	1.40%	0.75%	40
CV-14	4+028.44	4+048.44	4+068.44	1.40%	0.55%	0.85%	40
CV-15	4+378.99	4+398.99	4+418.99	0.55%	0.22%	0.33%	40

Nº DE CURVA	PROGR. PCV	PROGR. PIV	PROGR. PTV	PENDIENTE ENTRADA	PENDIENTE DE SALIDA	DIF. ALG. DE PENDIENTES (A)	LONG. CURVA ACTUAL (L)
CV-16	4+779.77	4+799.77	4+819.77	0.22%	2.51%	2.29%	40
CV-17	4+904.68	4+924.68	4+944.68	2.51%	-0.76%	3.27%	40
CV-18	5+013.97	5+033.97	5+053.97	-0.76%	3.68%	4.44%	40
CV-19	5+180.00	5+200.00	5+220.00	3.68%	2.78%	0.90%	40
CV-20	5+490.00	5+510.00	5+530.00	2.78%	-1.95%	4.73%	40
CV-21	5+780.00	5+800.00	5+820.00	-1.95%	-0.51%	1.44%	40
CV-22	5+945.34	5+965.34	5+985.34	-0.51%	2.18%	2.69%	40
CV-23	6+090.00	6+110.00	6+130.00	2.18%	-0.41%	2.59%	40
CV-24	6+212.90	6+232.90	6+252.90	-0.41%	2.02%	2.43%	40
CV-25	6+333.87	6+353.87	6+373.87	2.02%	-0.67%	2.69%	40
CV-26	6+430.00	6+450.00	6+470.00	-0.67%	0.81%	1.48%	40
CV-27	6+585.06	6+605.06	6+625.06	0.81%	-1.83%	2.64%	40
CV-28	6+651.14	6+671.14	6+691.14	-1.83%	0.72%	2.55%	40
CV-29	6+720.57	6+740.57	6+760.57	0.72%	1.88%	1.16%	40

Fuente: Elaboración propia

Aplicando las ecuaciones anteriores se procedió a calcular la longitud mínima de curvas verticales, donde se obtuvo el siguiente cuadro:

Tabla 4. 15. Cálculo de Longitud Mínima de Curvas Verticales (Dp)

Nº Curva	Lmin. de curva vertical según visibilidad de Parada (Dp)							
	Dp (m)	Convexa		Cóncava		Lmín	Lmín R	L mín. Absoluto
		Dp>L	Dp<L	Dp>L	Dp<L			
CV-1	75	.....	.....	-782.93	6.03	6.03	7.00	7.00
CV-2	75	-789.53	5.99	.....	.....	5.99	6.00	6.00
CV-3	75	.....	.....	-700.00	6.62	6.62	7.00	7.00
CV-4	75	.....	.....	-163.52	17.94	17.94	18.00	18.00
CV-5	76	5.09	39.32	.....	.....	39.32	40.00	40.00
CV-6	76	.....	.....	22.03	44.44	44.44	45.00	45.00
CV-7	75	.....	.....	1083.87	4.56	4.56	5.00	5.00
CV-8	75	-79.55	24.50	.....	.....	24.50	25.00	25.00
CV-9	75	.....	.....	-35.68	30.29	30.29	31.00	31.00
CV-10	75	-289.13	12.81	.....	.....	12.81	13.00	13.00
CV-11	75	.....	.....	-279.78	13.09	13.09	14.00	14.00
CV-12	76	.....	.....	-330.50	11.97	11.97	12.00	12.00
CV-13	76	-386.67	10.72	.....	.....	10.72	11.00	11.00
CV-14	75	-325.29	11.83	.....	.....	11.83	12.00	12.00
CV-15	75	1074.24	4.59	.....	.....	4.59	5.00	5.00
CV-16	78	.....	.....	-15.62	35.45	35.45	36.00	36.00

Lmin. de curva vertical según visibilidad de Parada (Dp)								
N° Curva	Dp (m)	Convexa		Cónca		Lmín	Lmín R	L mín. Absoluto
		Dp>L	Dp<L	Dp>L	Dp<L			
CV-17	78	32.45	49.24	.....	.....	49.24	50.00	50.00
CV-18	90	.....	.....	82.03	82.68	82.68	83.00	83.00
CV-19	90	-268.89	18.04	.....	.....	18.04	19.00	19.00
CV-20	78	70.59	71.23	.....	.....	71.23	72.00	72.00
CV-21	76	.....	.....	-116.06	21.55	21.55	22.00	22.00
CV-22	76	.....	.....	8.51	40.25	40.25	41.00	41.00
CV-23	76	-3.98	37.03	.....	.....	37.03	38.00	38.00
CV-24	76	.....	.....	-6.85	36.36	36.36	37.00	37.00
CV-25	76	1.81	38.46	.....	.....	38.46	39.00	39.00
CV-26	75	.....	.....	-108.45	21.76	21.76	22.00	22.00
CV-27	76	-1.03	37.74	.....	.....	37.74	38.00	38.00
CV-28	76	.....	.....	0.63	38.16	38.16	39.00	39.00
CV-29	76	.....	.....	-180.76	17.36	17.36	18.00	18.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. 16. Cálculo de Longitud Mínima de Curvas Verticales (Da)

L mín de curva vertical según visibilidad de Paso (Da)							
N° Curva	TIPO CURVA	Da (m)	Convexa		Lmín	Lmín R	L mín. Absoluto
			Da>L	Da<L			
CV-1	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-2	CONVEXA	290	1620.00	38.23	38.23	39.00	39.00
CV-3	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-4	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-5	CONVEXA	290	236.00	244.48	244.48	245.00	245.00
CV-6	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-7	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-8	CONVEXA	290	42.50	156.47	156.47	157.00	157.00
CV-9	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-10	CONVEXA	290	-448.26	81.79	81.79	82.00	82.00
CV-11	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-12	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-13	CONVEXA	290	-681.33	66.68	66.68	67.00	67.00
CV-14	CONVEXA	290	-532.94	75.57	75.57	76.00	76.00
CV-15	CONVEXA	290	2286.67	29.34	29.34	30.00	30.00
CV-16	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-17	CONVEXA	290	290.70	290.71	290.71	291.00	291.00
CV-18	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00

		L mín de curva vertical según visibilidad de Paso (Da)					
N° Curva	TIPO CURVA	Da (m)	Convexa		Lmín	Lmín R	L mín. Absoluto
			Da>L	Da<L			
CV-19	CONVEXA	290	-471.11	80.01	80.01	81.00	81.00
CV-20	CONVEXA	290	380.00	420.50	420.50	421.00	421.00
CV-21	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-22	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-23	CONVEXA	290	214.75	230.25	230.25	231.00	231.00
CV-24	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-25	CONVEXA	290	228.33	239.14	239.14	240.00	240.00
CV-26	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-27	CONVEXA	290	221.67	234.70	234.70	235.00	235.00
CV-28	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00
CV-29	CONCAVA	290	.....	.....	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la tabla para la evaluación de las curvas verticales.

Tabla 4. 17. Evaluación de Longitud Mínima de Curvas Verticales

Longitud mínima de curva vertical				
N° Curva	Tipo de Curva	Long. Curva (L)	Long. Curva Mínima (L)	Evaluación curvas verticales
CV-1	CONCAVA	40.00	7.00	CUMPLE
CV-2	CONVEXA	40.00	39.00	CUMPLE
CV-3	CONCAVA	40.00	7.00	CUMPLE
CV-4	CONCAVA	40.00	18.00	CUMPLE
CV-5	CONVEXA	40.00	245.00	NO CUMPLE
CV-6	CONCAVA	30.00	45.00	NO CUMPLE
CV-7	CONCAVA	40.00	5.00	CUMPLE
CV-8	CONVEXA	40.00	157.00	NO CUMPLE
CV-9	CONCAVA	40.00	31.00	CUMPLE
CV-10	CONVEXA	40.00	82.00	NO CUMPLE
CV-11	CONCAVA	40.00	14.00	CUMPLE
CV-12	CONCAVA	40.00	12.00	CUMPLE
CV-13	CONVEXA	40.00	67.00	NO CUMPLE
CV-14	CONVEXA	40.00	76.00	NO CUMPLE
CV-15	CONVEXA	40.00	30.00	CUMPLE
CV-16	CONCAVA	40.00	36.00	CUMPLE
CV-17	CONVEXA	40.00	291.00	NO CUMPLE
CV-18	CONCAVA	40.00	83.00	NO CUMPLE
CV-19	CONVEXA	40.00	81.00	NO CUMPLE

Longitud mínima de curva vertical				
N° Curva	Tipo de Curva	Long. Curva (L)	Long. Curva Mínima (L)	Evaluación curvas verticales
CV-20	CONVEXA	40.00	421.00	NO CUMPLE
CV-21	CONCAVA	40.00	22.00	CUMPLE
CV-22	CONCAVA	40.00	41.00	NO CUMPLE
CV-23	CONVEXA	40.00	231.00	NO CUMPLE
CV-24	CONCAVA	40.00	37.00	CUMPLE
CV-25	CONVEXA	40.00	240.00	NO CUMPLE
CV-26	CONCAVA	40.00	22.00	CUMPLE
CV-27	CONVEXA	40.00	235.00	NO CUMPLE
CV-28	CONCAVA	40.00	39.00	CUMPLE
CV-29	CONCAVA	40.00	18.00	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

4.5. DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

4.5.1. CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA.

Para determinar el ancho mínimo de calzada se obtiene de la **tabla 2.9**; el cual se obtiene el ancho mínimo de calzada es de **7.20m**.

Tabla 4. 18. Ancho 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	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	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 de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018)

4.5.2. BERMAS

La carretera en estudio cuenta con bermas de diferentes dimensiones. Según la **Tabla 2.10**, el ancho de berma para la carretera en estudio es de **2.00 m**.

Tabla 4. 19. Ancho de Bermas

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día							
	Características				Características				Características				Características							
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	1.20	0.90	0.50	
50 km/h											2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00		2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018)

A continuación, se muestra la tabla de Evaluación de ancho de calzada y bermas.

Tabla 4. 20. Evaluación de Ancho de Calzada y Bermas

Tramo	Ancho de Calzada (m)	Manual de Carreteras DG-2018	Evaluación Calzada	Ancho de Berma (m)	Manual de Carreteras DG-2018	Evaluación Berma
00+000 Hasta 00+220	7.50	7.2	CUMPLE	0.00	2.0	NO CUMPLE
00+220 Hasta 01+540	7.50	7.2	CUMPLE	0.00	2.0	NO CUMPLE
01+540 Hasta 02+460	7.20	7.2	CUMPLE	1.00	2.0	NO CUMPLE
02+460 Hasta 03+620	8.00	7.2	CUMPLE	0.00	2.0	NO CUMPLE
03+620 Hasta 04+260	7.00	7.2	NO CUMPLE	1.00	2.0	NO CUMPLE
04+260 Hasta 04+800	8.00	7.2	CUMPLE	0.50	2.0	NO CUMPLE
04+800 Hasta 06+000	6.50	7.2	NO CUMPLE	0.50	2.0	NO CUMPLE
06+000 Hasta 06+788.34	7.00	7.2	NO CUMPLE	0.50	2.0	NO CUMPLE
Longitud en evaluación que cumple (Km)			4.16	Longitud en evaluación cumple		0.00
Longitud en evaluación que no cumplen (km)			2.63	Longitud en eval. no cumple		6.79
Longitud total en evaluación(Km)			6.79	Longitud total en evaluación		6.79
Porcentaje carretera que cumple			61.27%	% carretera que cumple		0.00%

Fuente: Elaboración propia

4.5.3. BOMBEO

El bombeo para el presente estudio de la carretera se ha considerado la **tabla 2.11**, el bombeo para carreteras pavimentadas con una precipitación menor a 500 mm/año es de **2%**.

4.5.4. PERALTE.

- **Peraltes Medidos en curvas horizontales**

Para realizar el análisis del peralte, se realizó la medición con eclímetro para constatar los peraltes con los que se han diseñado las curvas. En la tabla adjunta se muestran los peraltes obtenidos.

Tabla 4. 21. Peraltes medidos en curvas horizontales.

Nº CURVA	RADIO (m)	P.C.	P.I.	P.T.	PERALTE ACTUAL (%)
C1	100.0	0+143.57	0+158.63	0+173.47	3.00
C2	30.0	0+231.43	0+250.98	0+266.09	4.00
C3	500.0	0+390.21	0+403.39	0+416.57	2.00
C4	500.0	0+566.36	0+575.28	0+584.20	2.50
C5	25.0	0+692.62	0+714.45	0+728.50	4.00
C6	15.0	0+819.55	0+841.47	0+848.67	2.50
C7	100.0	1+162.13	1+172.21	1+182.21	2.50
C8	25.0	1+290.11	1+320.40	1+334.15	4.00
C9	25.0	1+485.86	1+517.16	1+530.70	3.00
C10	100.0	1+614.29	1+624.52	1+634.68	2.00
C11	20.0	2+208.63	2+226.09	2+237.34	4.00
C12	30.0	2+265.45	2+285.58	2+300.91	3.00
C13	80.0	2+313.24	2+325.34	2+337.25	3.00
C14	15.0	2+421.36	2+436.34	2+444.90	4.00
C15	300.0	2+715.30	2+734.26	2+753.16	2.00
C16	300.0	3+034.83	3+039.47	3+044.10	2.00
C17	500.0	3+250.84	3+257.93	3+265.03	2.00
C18	300.0	3+739.32	3+757.75	3+776.12	3.00
C19	300.0	3+942.64	3+950.58	3+958.52	2.50
C20	200.0	4+035.19	4+046.94	4+058.66	2.00
C21	50.0	4+243.47	4+255.02	4+266.18	4.00
C22	200.0	4+646.20	4+667.02	4+687.69	3.00
C23	30.0	4+821.85	4+833.31	4+843.75	6.00
C24	50.0	4+912.35	4+919.11	4+925.78	2.50
C25	80.0	4+991.01	5+001.26	5+011.39	2.50
C26	80.0	5+130.02	5+140.32	5+150.52	3.00
C27	100.0	5+218.36	5+228.69	5+238.94	2.50

N° CURVA	RADIO (m)	P.C.	P.I.	P.T.	PERALTE ACTUAL (%)
C28	80.0	5+369.49	5+388.01	5+405.89	3.00
C29	80.0	5+472.43	5+485.57	5+498.48	2.00
C30	50.0	5+568.46	5+584.73	5+599.92	3.50
C31	100.0	5+694.08	5+705.55	5+716.93	2.50
C32	80.0	5+741.80	5+747.49	5+753.17	2.00
C33	60.0	5+829.04	5+842.31	5+855.15	3.00
C34	100.0	5+917.65	5+932.15	5+946.44	3.00
C35	100.0	5+989.58	5+997.76	6+005.90	3.00
C36	100.0	6+086.81	6+105.11	6+123.02	2.50
C37	100.0	6+156.40	6+165.76	6+175.06	4.00
C38	60.0	6+205.58	6+214.00	6+222.31	3.00
C39	100.0	6+340.50	6+351.23	6+361.89	3.00
C40	100.0	6+479.19	6+492.42	6+505.50	2.50
C41	100.0	6+638.97	6+646.36	6+653.72	2.50

Fuente: Elaboración propia

- **Peraltes Máximo.**

Para el análisis de éste parámetro de diseño, se tuvo en cuenta el peralte mínimo y máximo, acorde con lo dispuesto en el Manual de Carreteras DG-2018. El peralte máximo tendrá como valor **máximo de 8%** obtenida de la **tabla 2.7**.

- **Peraltes Mínimo.**

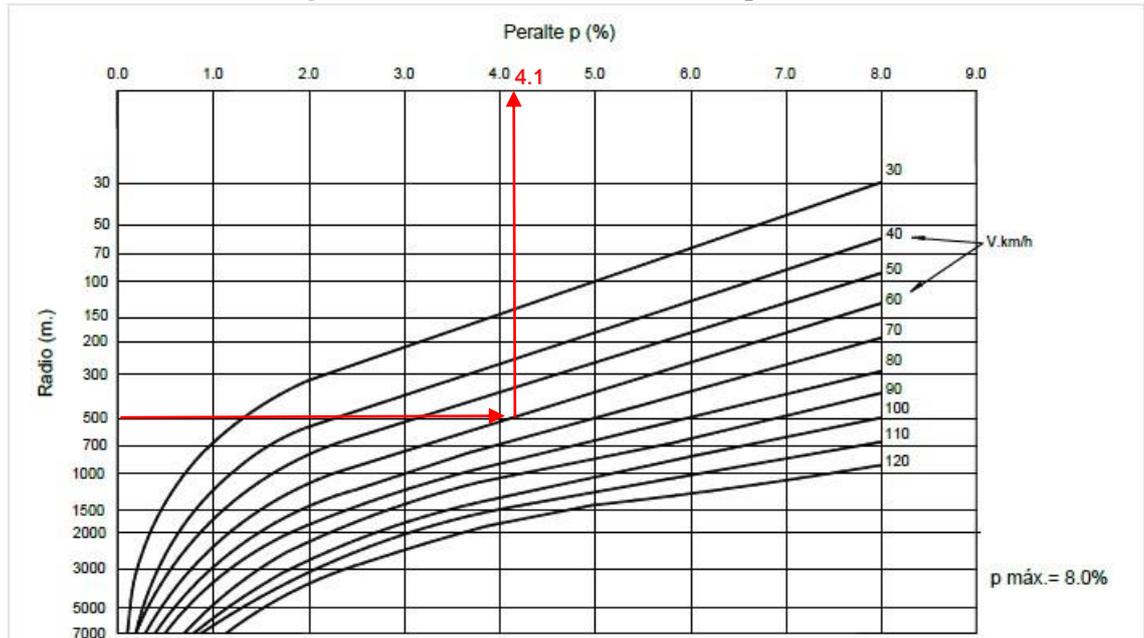
El cálculo del peralte se realizó utilizando la **figura 4.1** peralte en zona rural (Tipo 1,2 ó3); a continuación, se presenta el cálculo del peralte de una curva y este mismo procedimiento se realiza para las demás curvas.

Curva C3:

Velocidad de diseño: 60 km/h (zona rural)

Radio : 500.00m

Figura 4.1. Peralte en zona rural (Tipo 1,2 ó 3)



El peralte mínimo para la curva N°3 será de 4.10%.

El resultado de los demás peraltes mínimos calculados se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4. 22. Peraltes mínimos calculado en curvas horizontales.

N° CURVA	P.C.	P.I.	P.T.	RADIO (m)	PERALTE Mín. Cal. (%)
C1	0+143.57	0+158.63	0+173.47	100	8.0%
C2	0+231.43	0+250.98	0+266.09	30	8.0%
C3	0+390.21	0+403.39	0+416.57	500	4.1%
C4	0+566.36	0+575.28	0+584.20	500	4.1%
C5	0+692.62	0+714.45	0+728.50	25	8.0%
C6	0+819.55	0+841.47	0+848.67	15	8.0%
C7	1+162.13	1+172.21	1+182.21	100	8.0%
C8	1+290.11	1+320.40	1+334.15	25	8.0%
C9	1+485.86	1+517.16	1+530.70	25	8.0%
C10	1+614.29	1+624.52	1+634.68	100	8.0%
C11	2+208.63	2+226.09	2+237.34	20	8.0%
C12	2+265.45	2+285.58	2+300.91	30	8.0%
C13	2+313.24	2+325.34	2+337.25	80	8.0%
C14	2+421.36	2+436.34	2+444.90	15	8.0%
C15	2+715.30	2+734.26	2+753.16	300	5.6%
C16	3+034.83	3+039.47	3+044.10	300	5.6%
C17	3+250.84	3+257.93	3+265.03	500	4.1%

Nº CURVA	P.C.	P.I.	P.T.	RADIO (m)	PERALTE Mín. Cal. (%)
C18	3+739.32	3+757.75	3+776.12	300	5.6%
C19	3+942.64	3+950.58	3+958.52	300	5.6%
C20	4+035.19	4+046.94	4+058.66	200	6.7%
C21	4+243.47	4+255.02	4+266.18	50	8.0%
C22	4+646.20	4+667.02	4+687.69	200	6.7%
C23	4+821.85	4+833.31	4+843.75	30	8.0%
C24	4+912.35	4+919.11	4+925.78	50	8.0%
C25	4+991.01	5+001.26	5+011.39	80	8.0%
C26	5+130.02	5+140.32	5+150.52	80	8.0%
C27	5+218.36	5+228.69	5+238.94	100	8.0%
C28	5+369.49	5+388.01	5+405.89	80	8.0%
C29	5+472.43	5+485.57	5+498.48	80	8.0%
C30	5+568.46	5+584.73	5+599.92	50	8.0%
C31	5+694.08	5+705.55	5+716.93	100	8.0%
C32	5+741.80	5+747.49	5+753.17	80	8.0%
C33	5+829.04	5+842.31	5+855.15	60	8.0%
C34	5+917.65	5+932.15	5+946.44	100	8.0%
C35	5+989.58	5+997.76	6+005.90	100	8.0%
C36	6+086.81	6+105.11	6+123.02	100	8.0%
C37	6+156.40	6+165.76	6+175.06	100	8.0%
C38	6+205.58	6+214.00	6+222.31	60	8.0%
C39	6+340.50	6+351.23	6+361.89	100	8.0%
C40	6+479.19	6+492.42	6+505.50	100	8.0%
C41	6+638.97	6+646.36	6+653.72	100	8.0%

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la evaluación de los peraltes existentes se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4. 23. Evaluación de peraltes existentes en curvas horizontales.

Nº CURVA	RADIO (m)	PERALTE ACTUAL (%)	PERALTE Mín. Cal. (%)	PERALTE Máx. (%)	VERIFICACIÓN
C1	100	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C2	30	4.00	8.00	8	NO CUMPLE
C3	500	2.00	4.10	8	NO CUMPLE
C4	500	2.50	4.10	8	NO CUMPLE
C5	25	4.00	8.00	8	NO CUMPLE
C6	15	2.50	8.00	8	NO CUMPLE
C7	100	2.50	8.00	8	NO CUMPLE
C8	25	4.00	8.00	8	NO CUMPLE
C9	25	3.00	8.00	8	NO CUMPLE

N° CURVA	RADIO (m)	PERALTE ACTUAL (%)	PERALTE Mín. Cal. (%)	PERALTE Máx. (%)	VERIFICACIÓN
C10	100	2.00	8.00	8	NO CUMPLE
C11	20	4.00	8.00	8	NO CUMPLE
C12	30	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C13	80	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C14	15	4.00	8.00	8	NO CUMPLE
C15	300	2.00	5.60	8	NO CUMPLE
C16	300	2.00	5.60	8	NO CUMPLE
C17	500	2.00	4.10	8	NO CUMPLE
C18	300	3.00	5.60	8	NO CUMPLE
C19	300	2.50	5.60	8	NO CUMPLE
C20	200	2.00	6.70	8	NO CUMPLE
C21	50	4.00	8.00	8	NO CUMPLE
C22	200	3.00	6.70	8	NO CUMPLE
C23	30	6.00	8.00	8	NO CUMPLE
C24	50	2.50	8.00	8	NO CUMPLE
C25	80	2.50	8.00	8	NO CUMPLE
C26	80	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C27	100	2.50	8.00	8	NO CUMPLE
C28	80	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C29	80	2.00	8.00	8	NO CUMPLE
C30	50	3.50	8.00	8	NO CUMPLE
C31	100	2.50	8.00	8	NO CUMPLE
C32	80	2.00	8.00	8	NO CUMPLE
C33	60	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C34	100	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C35	100	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C36	100	2.50	8.00	8	NO CUMPLE
C37	100	4.00	8.00	8	NO CUMPLE
C38	60	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C39	100	3.00	8.00	8	NO CUMPLE
C40	100	2.50	8.00	8	NO CUMPLE
C41	100	2.50	8.00	8	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

4.5.5. SOBREENCHO.

En la siguiente tabla se evalúa y compara los sobreenchos existentes en la carretera y los que se han calculado en base a los radios actuales

Para el cálculo de los sobreenchos se realizó con la **ecuación 2.9.** de donde se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 4. 24. Evaluación de Sobreancho

Nº CURVA	RADIO (m)	SOBREANCHO Actual Sa (m)	SOBREANCHO Calculado Sa (m)	EVALUACIÓN
C1	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE
C2	30.00	1.85	2.90	NO CUMPLE
C3	500.00	0.00	0.40	NO CUMPLE
C4	500.00	0.00	0.40	NO CUMPLE
C5	25.00	1.20	3.40	NO CUMPLE
C6	15.00	1.30	5.30	NO CUMPLE
C7	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE
C8	25.00	2.30	3.40	NO CUMPLE
C9	25.00	1.50	3.40	NO CUMPLE
C10	100.00	0.50	1.10	NO CUMPLE
C11	20.00	2.80	4.10	NO CUMPLE
C12	30.00	2.00	2.90	NO CUMPLE
C13	80.00	0.60	1.30	NO CUMPLE
C14	15.00	1.20	5.30	NO CUMPLE
C15	300.00	0.00	0.50	NO CUMPLE
C16	300.00	0.00	0.50	NO CUMPLE
C17	500.00	0.00	0.40	NO CUMPLE
C18	300.00	0.75	0.50	CUMPLE
C19	300.00	0.00	0.50	NO CUMPLE
C20	200.00	0.55	0.70	NO CUMPLE
C21	50.00	0.95	1.90	NO CUMPLE
C22	200.00	0.60	0.70	NO CUMPLE
C23	30.00	0.80	2.90	NO CUMPLE
C24	50.00	0.30	1.90	NO CUMPLE
C25	80.00	0.00	1.30	NO CUMPLE
C26	80.00	0.90	1.30	NO CUMPLE
C27	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE
C28	80.00	0.00	1.30	NO CUMPLE
C29	80.00	0.75	1.30	NO CUMPLE
C30	50.00	1.25	1.90	NO CUMPLE
C31	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE
C32	80.00	0.00	1.30	NO CUMPLE
C33	60.00	1.00	1.70	NO CUMPLE
C34	100.00	1.00	1.10	NO CUMPLE
C35	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE
C36	100.00	0.40	1.10	NO CUMPLE
C37	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE
C38	60.00	0.00	1.70	NO CUMPLE
C39	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE
C40	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE
C41	100.00	0.00	1.10	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

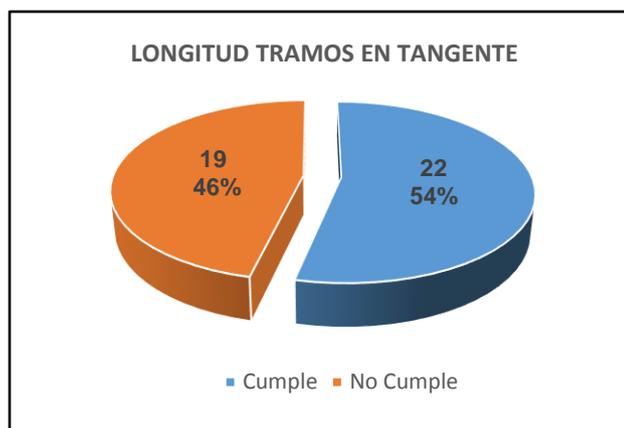
4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.6.1. ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

4.6.1.1. Evaluación de Longitud de Tramos en Tangente Km 0+000 - 06+788

Gráfico 4.1. Longitud en tramos en tangente

LONGITUD DE TRAMO EN TANGENTE (LTT)	
Cumple	No Cumple
22	19

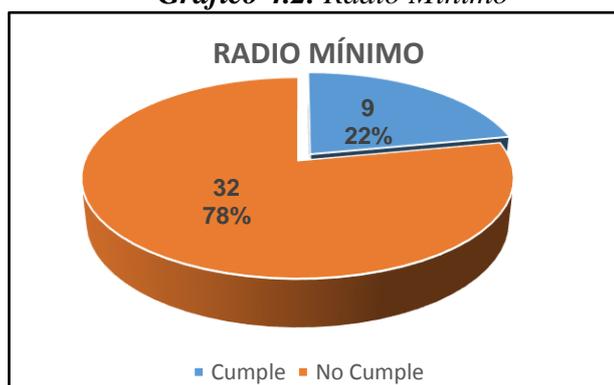


Del gráfico 4.1, Luego del análisis de las longitudes de los tramos en tangente que existe en la carretera, se observa que el 54% cumple con la longitud mínima de tramos en tangente, en cambio el 46% no cumple la condición según establecido en manual de carreteras DG - 2018.

4.6.1.2. Evaluación de radios mínimos Km 0+000 - 06+788

RADIOS MÍNIMOS	
Cumple	No Cumple
9	32

Gráfico 4.2. Radio Mínimo

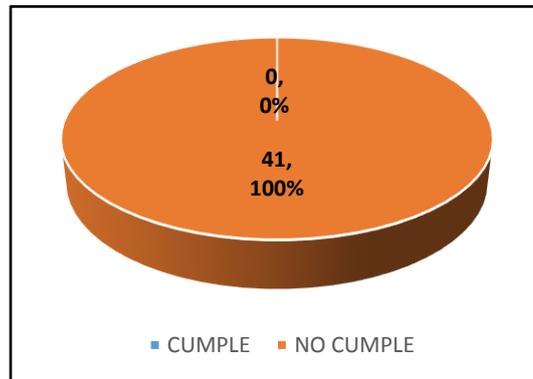


Del gráfico 4.2, luego de la evaluación de los radios, se observa que de las 41 curvas existentes en la carretera, 9 de ellos si cumple con el radio mínimo el cual representa el 22%. En cambio 32 curvas no cumplen con el radio mínimo lo que representa el 78% del total de curvas analizadas, según lo establecido en el manual de carreteras DG - 2018.

4.6.1.3. Análisis de longitud de curva horizontal Km 0+000 - 06+788

Gráfico 4.3. Longitud de Curva

LONGITUD CURVA	
CUMPLE	NO CUMPLE
0	41



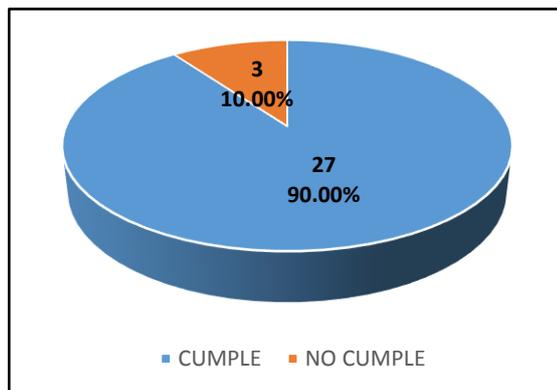
Del gráfico 4.3, de la evaluación de la longitud de curva, se observa que las 41 curvas existentes el cual representa el 100% de la carretera en estudio, no cumplen con la longitud de curva mínima según lo establecido en el manual de carreteras DG – 2018.

4.6.2. ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

4.6.2.1. Evaluación de pendiente Km 0+000-06+788

Gráfico 4.4. Pendiente

PENDIENTE	
CUMPLE	NO CUMPLE
27	3

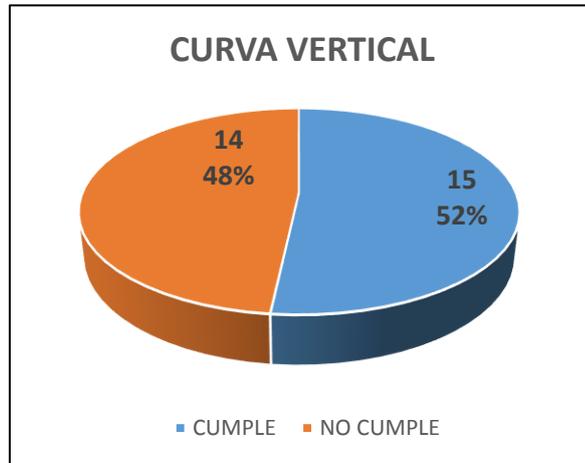


Del gráfico 4.4, luego de la evaluación de las pendientes máximas y mínimas, se observa que el 90% cumple con la pendiente máxima y mínima, en cambio el 10% no cumple con esta condición según lo que establece el Manual de carreteras DG - 2018.

4.6.2.2. Evaluación de longitudes de curva vertical Km 0+000-06+788

Gráfico 4.5. Longitud de curva vertical

CURVA VERTICAL	
CUMPLE	NO CUMPLE
15	14



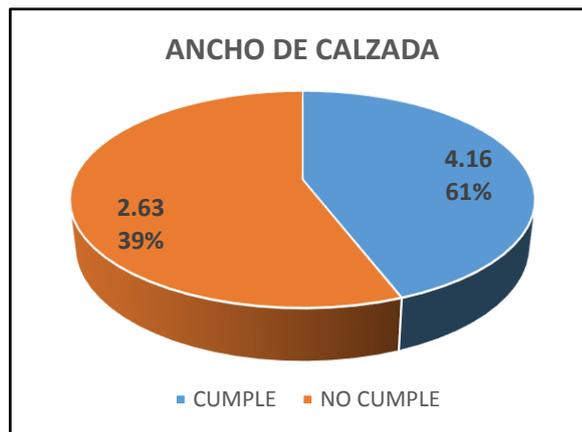
Del gráfico 4.5, luego de la evaluación de las longitudes de curvas verticales, se observa que de las 29 curvas existentes, 15 de ellos el cual representa el 52% de las curvas cumplen con la longitud mínima de curva vertical calculada según el manual de carreteras DG-2018, en cambio 14 curvas el cual representa el 48% no cumplen con esta condición.

4.6.3. ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

4.6.3.1. Evaluación de Ancho de Calzada Km 0+000-06+788

Gráfico 4.6. Ancho de calzada

ANCHO DE CALZADA	
CUMPLE	NO CUMPLE
4.16	2.63

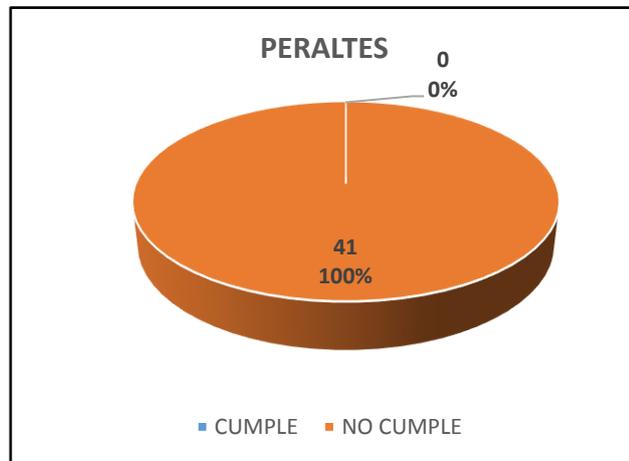


Del gráfico 4.6, luego de la evaluación del ancho de calzada se observa que de los 6.79 Km que tiene la carretera en estudio; 4.16 Km que representa el 61% cumple con el ancho mínimo de calzada, y 2.63 Km que representa el 39% no cumple con el ancho mínimo de calzada según lo establecido en el manual de carreteras DG-2018.

4.6.3.2. Evaluación de Peraltes Km 0+000-06+788

Gráfico 4.7. Peralte

PERALTE	
CUMPLE	NO CUMPLE
0	41

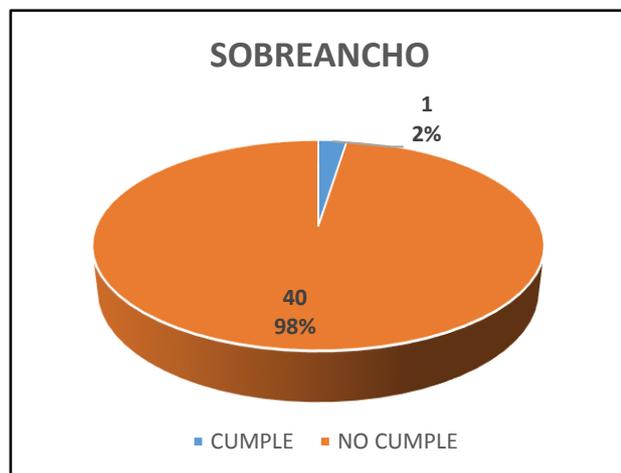


Del gráfico 4.8, de la evaluación de los peraltes, se observa que las 41 curvas existentes, que representa el 100% de la carretera en estudio, no cumplen con el peralte mínimo establecido según lo establecido en el manual de carreteras DG - 2018.

4.6.3.3. Evaluación de sobreechancos Km 0+000-06+788

Gráfico 4.8. Sobreechancho

SOBREECHANCHO	
CUMPLE	NO CUMPLE
1	40



Del gráfico 4.7, de la evaluación de los sobreechancos, se observa que de las 41 curvas existentes , 1 curva el cual representa el 2% de las curvas existentes cumplen con el Sobreechancho mínimo establecido en el manual de carreteras DG-2018. En cambio 40 curvas el cual representa el 98% no cumplen con esta condición.

4.6.4. SEÑALIZACIÓN

Se compatibilizo las necesidades reales de la carretera en estudio con respecto al flujo de tránsito, la característica de la vía, con la finalidad de dotar a la carretera con adecuados dispositivos de señalización vial y así brindar una mayor seguridad, eficacia en la circulación vehicular y consecuentemente evitar o minimizar los accidentes de tránsito.

La señalización a lo largo de la carretera en estudio es deficiente, salvo en señales informativas en algunas zonas, sobresale la falta de información sobre la velocidad permisible a la que se puede circular por la carretera existente, falta señalización indicando la proximidad a curvas, señalización indicando la presencia de centros urbanos, intersecciones, centros educativos, entre otros.

4.6.4.1. ANÁLISIS DE LA SEÑALIZACIÓN VIAL

A continuación, teniendo en cuenta las características geométricas de la carretera en estudio se presenta el análisis de la señalización.

Tabla 4. 25. Evaluación Señales Reglamentarias

SENTIDO CAJAMARCA - OTUZCO					
Ubicación	Señal	Visibilidad	Ubicación lateral	Altura	Soporte
Km 02+880	R - 30	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 06+520	R - 30	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
SENTIDO OTUZCO - CAJAMARCA					
Ubicación	Señal	Visibilidad	Ubicación lateral	Altura	Soporte
Km 06+550	R - 1	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 05+720	R - 30	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 02+950	R - 1	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta

Tabla 4. 26. Evaluación Señales Preventivas

SENTIDO CAJAMARCA - OTUZCO					
Ubicación	Señal	Visibilidad	Ubicación lateral	Altura	Soporte
Km 00+200	P - 2A	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Km 00+660	P - 1B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 00+800	P - 1A	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Km 01+200	P - 45	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 01+260	P - 1B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta

SENTIDO CAJAMARCA - OTUZCO					
Ubicación	Señal	Visibilidad	Ubicación lateral	Altura	Soporte
Km 01+460	P - 1B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 01+480	P - 9A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 02+180	P - 3A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 02+400	P - 1A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 02+910	P - 33A	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 02+940	P - 49	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 03+140	P - 33A	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 03+290	P - 9A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 03+670	P - 9B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 03+980	P - 56	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+220	P - 2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+540	P - 33A	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 04+560	P - 49	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+778	P - 9A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+800	P - 2B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 05+340	P - 2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 05+460	P - 4A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 05+800	P - 4B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 06+260	P - 9A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 06+420	P - 56	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 06+540	P - 49	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Km 06+590	P - 49	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
SENTIDO OTUZCO - CAJAMARCA					
Ubicación	Señal	Visibilidad	Ubicación lateral	Altura	Soporte
Km 06+610	P - 33A	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple
Km 05+960	P - 4B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 05+620	P - 4A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 05+440	P - 2B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+860	P - 2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+620	P - 33A	No Cumple	No Cumple	No cumple	No Cumple
Km 04+300	P - 2B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 03+700	P - 9A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 03+350	P - 9B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 03+220	P - 49	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 02+990	P - 33A	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 02+520	P - 33A	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 02+480	P - 1B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 02+340	P - 3A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 01+560	P - 1A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 01+360	P - 1A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 00+880	P - 1B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 00+740	P - 1A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 00+300	P - 2B	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta

Tabla 4. 27. Evaluación Señales Informativas

SENTIDO CAJAMARCA - OTUZCO					
Ubicación	Señal	Visibilidad	Ubicación lateral	Altura	Soporte
Km 00+000	SÑI-01	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple
Km 00+000	I-2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 01+000	I-2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 02+000	I-2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 02+440	SÑI-02	Cumple	Cumple	No Cumple	Cumple
Km 02+960	SÑI-03	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 03+000	I-2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 03+160	SÑI-04	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 03+330	SÑI-05	Cumple	No Cumple	Cumple	Cumple
Km 03+330	SÑI-06	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
Km 03+680	SÑI-07	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 03+820	I-19	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+000	I-2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+100	I-16	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 04+810	SÑI-08	No Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
Km 05+000	I-2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 06+000	I-2A	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 06+320	SÑI-09	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Km 06+350	I-6	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta
Km 06+760	I-6	No Presenta	No Presenta	No Presenta	No Presenta

4.6.4.2. SEÑALIZACIÓN VERTICAL PROPUESTA

A continuación, teniendo en cuenta las características geométricas de la carretera en estudio se propone las siguientes señales de tránsito.

A. RELACIÓN DE SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN.

(R-1) SEÑAL DE PARE



R-1

Esta señal dispone que el Conductor debe detener completamente el vehículo.

Se colocará al borde de la vía como mínimo a una distancia de 2 m del inicio de la vía interceptada. Generalmente se complementa con marcas

en el pavimento correspondiente a la línea de parada o cruce de peatones.

(R-30) SEÑAL VELOCIDAD MÁXIMA



R-30

De forma y colores correspondientes a las señales prohibitivas o restrictivas.

Se utilizará para indicar la velocidad máxima permitida a la cual podrán circular los vehículos.

Se emplea generalmente para recordar al usuario del valor de la velocidad reglamentaria y cuando, por razones de las características geométricas de la vía o aproximación a determinadas zonas (urbana, colegios), debe restringirse la velocidad.

B. RELACIÓN DE SEÑALES DE PREVENCIÓN.

(P-1A) SEÑAL CURVA PRONUNCIADA a la derecha, (P-1 B) a la izquierda

Se usará para prevenir la presencia de curvas de radio menor de 40m y para aquellas de 40 a 80m de radio cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.



P-1A



P-1B

(P-2A) SEÑAL CURVA a la derecha, (P-2B) a la izquierda

Se usarán para prevenir la presencia de curvas de radio de 40m a 300m con ángulo de deflexión menor de 45° y para aquellas de radio entre 80 y 300m cuyo ángulo de deflexión sea mayor de 45°.



P-2A



P-2B

(P-3A) SEÑAL CURVA Y CONTRA CURVA PRONUNCIADA a la derecha

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, separadas por una tangente menor de 60m, y cuyas características geométricas son las indicadas en las señales de curva para el uso de la señal.



P-3A

(P-4A) SEÑAL DE CURVA Y CONTRA CURVA a la derecha, (P-4B) a la izquierda

Se emplearán para indicar la presencia de dos curvas de sentido contrario, con radios inferiores a 300 metros y superiores a 80m, separados por una tangente menor de 60m.



P-4A



P-4B

(P-9A) SEÑAL EMPALME EN ÁNGULO RECTO CON VÍA LATERAL DERECHA

Se utilizará para indicar la proximidad de un empalme o intersección con otra vía ubicada a la derecha en ángulo recto (90°).



P-9A

(P-9B) EMPALME EN ÁNGULO RECTO CON VÍA LATERAL IZQUIERDA

Esta señal advierte al Conductor que circula por una vía, la proximidad de un empalme o intersección con otra vía ubicada a la izquierda en ángulo recto (90°).



P-9B

(P-33A) REDUCTOR DE VELOCIDAD TIPO RESALTO

Esta señal advierte al Conductor la proximidad de un reductor de velocidad tipo resalto circular o trapezoidal.

Esta señal debe colocarse a una distancia mínima de 60 m antes de la ubicación del reductor de velocidad tipo resalto.



P-33A

(P-45) SEÑAL VUELO DE AVIONES A BAJA ALTURA

Esta señal se usará para advertir a los conductores del vuelo de aviones a baja altura debido, debido a la proximidad de aeropuertos.



P-45

(P-49) SEÑAL ZONA ESCOLAR

Se utilizará para indicar la proximidad de una zona escolar. Se empleará para advertir la proximidad de un cruce escolar.



P-49

(P-56) SEÑAL ZONA URBANA

Se utilizará para advertir al conductor de la proximidad de un poblado con el objeto de adoptar las debidas precauciones. Se colocará a una distancia mínima de 200 m. antes del comienzo del centro poblado, debiéndose completar con la señal R-30 de velocidad máxima que establezca el valor que corresponde al paso por el centro poblacional.



P-56

C. RELACIÓN DE SEÑALES DE INFORMACIÓN.

(SÑI) SEÑALES DE DIRECCIÓN

Se utilizarán antes de una intersección a fin de guiar al usuario en el itinerario a seguir para llegar a su destino.

Sus dimensiones varían de acuerdo al mensaje a transmitir.

Llevarán, junto al nombre del lugar, una flecha que indique la dirección a seguir para llegar a él.



SÑI

(I-2A) POSTE DE KILOMETRAJE

Los postes kilométricos tienen por finalidad indicar la distancia con respecto al punto de origen de la vía (km 0+000), de acuerdo a lo establecido en el Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), vigente.



I-2A

(I-6) SEÑAL PARADERO DE OMNIBUS

Se utilizará para indicar los paraderos del servicio colectivo de transporte público de pasajeros.



I-6

(I-16) SEÑAL DE RESTAURANTE

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar o centro de atención de alimentos o restaurante.



I-16

(I-19) SEÑAL SERVICIO DE GASOLINA

Esta señal informa al Conductor la proximidad de un lugar de prestación de servicios de “abastecimiento de combustibles y lubricantes”.



I-19

A continuación, se presenta la relación de las señales reglamentarias consideradas en el presente estudio.

Tabla 4. 28. Señales reglamentarias verticales

SEÑALES REGULADORAS O DE REGLAMENTACIÓN		
TIPO	SEÑAL	CANTIDAD
R-1 Señal de Pare		2
R-30 Señal de Velocidad Máxima		3

SEÑALES DE PREVENCIÓN		
TIPO	SEÑAL	CANTIDAD
P-1A Señal Curva Pronunciada a la Derecha		5
P-1B Señal Curva Pronunciada a la Izquierda		5
P-2A Señal Curva a la Derecha		4

SEÑALES DE PREVENCIÓN		
TIPO	SEÑAL	CANTIDAD
P-2B Señal Curva a la Izquierda		4
P-3A Señal Curva y Contra Curva Pronunciada a la Derecha		2
P-4A Señal Curva y Contra Curva a la Derecha		2
P-4B Señal Curva y Contra Curva a la Izquierda		2
P-9A Señal Empalme en Ángulo Recto con Vía Lateral Derecha		5
P-9B Señal Empalme en Ángulo Recto con Vía Lateral Izquierda		2
P-33A Resalto		7
(P-45) Señal Vuelo De Aviones A Baja Altura		1
P-49 Señal de Zona escolar		5
P-56 Señal de Zona Urbana		2

SEÑALES DE INFORMACIÓN		
TIPO	SEÑAL	CANTIDAD
SÑI Señales de Dirección		9
I-2A Postes de Kilometraje		7
I-6 Paradero de Buses		2
I-16 Señal de Restaurante		1
I-19 Señal servicio de Gasolina		1

4.6.4.3. SEÑALES HORIZONTALES

La señalización horizontal, corresponde a la aplicación de marcas viales conformadas por líneas, flechas y letras que se pintan sobre el pavimento, sardineles y estructuras de las vías de circulación adyacente a ellas.

De acuerdo a la inspección realizada en campo, con el propósito de conocer a mayor detalle las zonas donde se requieran la señalización horizontal, evidenciamos que la carretera carece de la marca longitudinal que indique el eje, las líneas que demarquen el borde exterior del pavimento.

Así mismo en zonas de afluencia de peatones (centros educativos), no encontramos demarcación horizontal de cruces peatonales que garanticen la seguridad de los transeúntes.

Relación de marcas en el pavimento que se proponen en el presente estudio de la carretera.

- Líneas de borde:** ubicadas en ambos lados de la vía, se utilizarán líneas continuas de color blanco con un ancho de 10 cm. para demarcar el borde del pavimento o calzada. Opcionalmente se utilizarán líneas discontinuas con segmentos de 1.00 m. espaciadas 1.00 m, las mismas que permitirán el cruce vehicular (zonas de acceso, intersecciones, estacionamientos u otros).

- b) **Línea central:** se utilizará una línea continua y/o discontinua sobre el eje de la vía, de color amarillo con ancho de 10 cm, para establecer una barrera imaginaria que separa las corrientes de tránsito en ambos sentidos, las líneas discontinuas serán de 4.5 m. con espaciamentos de 7.5 m. En zonas urbanas, estas líneas discontinuas tendrán segmentos de 3 m. espaciadas cada 5 m.
- c) **Demarcación en zonas de prohibición de adelantamiento de paso:** se utilizará una línea continua paralela a la línea central, de color amarilla espaciada 10 cm. Hacia el lado correspondiente al sentido del tránsito que se está regulando y una línea discontinua al lado paralelo con segmentos de 4.5 m. de longitud con espaciamentos de 7.5 m.
- d) **Líneas de paso peatonal:** se utilizarán preferentemente en zonas donde exista un importante volumen de tránsito peatonal o donde los peatones no puedan identificar con facilidad el sitio correcto para cruzar la calzada. Consistirán en franjas de 0.50m. de ancho de color blanco espaciadas 0.50 m. y de longitud mínima de 2.00 m.

4.7. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se determinó que la carretera Cajamarca – Otuzco no cumple con los parámetros de diseño establecidos en el Manual de Carreteras DG – 2018. De esta manera se afirma la hipótesis planteada.

4.8. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

4.8.1. FORMULACIÓN DE LA PROPUESTA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta las deficiencias encontradas en cuanto a las características geométricas y señalización de la carretera Cajamarca – Otuzco se sugiere realizar el mejoramiento de todo el tramo de la carretera en estudio.

✓ **Diseño geométrico del eje en planta:**

El tipo de mejoramiento seleccionado para la carretera en estudio consiste en modificar o rectificar la geometría del alineamiento horizontal, verificando las longitudes mínimas en tramos en tangente, modificar las curvas horizontales de acuerdo al radio mínimo, aprovechando al máximo el tramo existente.

✓ **Diseño geométrico del perfil:**

El mejoramiento del perfil longitudinal consiste en la rectificación vertical, modificando las curvas horizontales de acuerdo al radio mínimo y verificando las pendientes máximas.

✓ **Diseño definitivo de la sección transversal:**

Para este parámetro se está proyectando la ampliación de calzada, construcción de bermas y cunetas.

✓ **Señalización:**

Implementación de la señalización vertical, demarcación horizontal de todo el tramo de la carretera.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

A continuación, se detalla las características técnicas de diseño para el mejoramiento de la carretera en estudio.

Tabla 4. 29. Características Técnicas de Diseño

CARRETERA CAJAMARCA - OTUZCO		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	PROPUESTA	ACTUAL
Categoría de la Vía	Segunda Clase	Segunda Clase
Número de carriles	Carretera de dos carriles (DC)	Carretera de dos carriles (DC)
Orografía Tipo	Tipo 1	Tipo 1
Vehículo de diseño	C2	C2
Velocidad directriz (diseño)	Vd = 60 K/h.	Vd = 30 K/h.
Tipo de pavimento	Carpeta Asfáltica	Carpeta Asfáltica
Espesor de pavimento	0.05 m	-
Espesor de Base	0.15 m	-
Espesor de Sub Base	0.20 m	-
Ancho de Calzada (DC)	7.20 m	6.50 – 8.00 m
Bermas	1.00 m	Variable
Corona de Pavimento	9.20 m.	8.00 m
Bombeo (%)	2.00%	2.00%
Cuneta Triangular (bxh)	1.00 x 0.60 m	Variable
Radio mínimo	50 m	15 m
Pendiente máxima	6.00%	3.68%
Pendiente mínima	0.50%	0.41%
Peralte Máximo	8.00 % En función al radio	6.00%
Sobrancho Máximo	2.10%	2.80%

4.8.2. COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Para el cálculo del costo de la implementación de la propuesta del mejoramiento de la transitabilidad de la carretera Cajamarca – Otuzco se tuvo en cuenta, las características técnicas descritas en la tabla N° 4.29.

Presupuesto

MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DE LA CARRETERA CAJAMARCA – OTUZCO, DISTRITO BAÑOS DEL INCA-CAJAMARCA-CAJAMARCA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				18,071.42
1.01	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE LA OBRA	mes	4	500	2,000.00
1.02	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS - HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	glb	1	6,796.80	6,796.80
1.03	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60x2.40M	und	1	1,210.27	1,210.27
1.04	TRAZO Y REPLANTEO	km	6.64	1,214.51	8,064.35
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				821,611.41
2.01	CORTE EN TIERRA SUELTA	m3	37,287.97	4.65	173,389.06
2.02	CORTE EN ROCA SUELTA	m3	4,143.11	5.72	23,698.59
2.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	59,800.50	1.63	97,474.82
2.04	CONFORMACION DE TERRAPLENES	m3	7,672.86	7.62	58,467.19
2.05	CARGUIO Y ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (a DME)	m3	40,924.17	11.45	468,581.75
3	PAVIMENTOS				2,825,032.88
3.01	SUB BASE GRANULAR (E=0.20m)	m3	11,217.01	75.55	847,445.11
3.02	BASE GRANULAR (E=0.15 m)	m3	7,572.31	76.18	576,858.58
3.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	48,165.24	4.73	227,821.59
3.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.05M	m2	48,188.48	24.34	1,172,907.60
4	CUNETAS REVESTIDAS DE CONCRETO				879,500.40
4.01	CUNETAS TRIANGULARES	m	7,620.00	115.42	879,500.40
5	SEÑALIZACION				34,875.06
5.01	SEÑALES PREVENTIVAS DE 0.60m X 0.60m	und	39	315.36	12,299.04
5.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS DE 0.90m X 0.60m	und	5	312.24	1,561.20
5.03	SEÑALES INFORMATIVAS	und	13	435.85	5,666.05
5.04	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	1,718.65	8.48	14,574.15
5.05	POSTE DE KILOMETRAJE	und	7	110.66	774.62
6	OBRAS DE MITIGACION				36,750.00
6.01	ACONDICIONAMIENTO DE DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME)	m2	15,000.00	0.71	10,650.00
6.02	RESTAURACION DE AREAS AFECTADAS POR CAMPAMENTOS PATIO DE MAQUINAS Y OTROS	m2	15,000.00	1.5	22,500.00
06.03	EDUCACION AMBIENTAL	mes	3.00	1,200.00	3,600.00
	COSTO DIRECTO				4,615,841.17
	GASTOS GENERALES (10%)				461,584.12
	UTILIDAD (8%)				369,267.29
	SUBTOTAL				5,446,692.58
	IGV (18%)				980,404.66
	TOTAL DEL PRESUPUESTO				6,427,097.24

SON: SEIS MILLONES CUATROCIENTOS VEINTISIETE MIL NOVENTISIETE Y 24/100 SOLES

Análisis de Precios Unitarios

Partida	01.01	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE LA OBRA						
Rendimiento	Mes/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : mes		500.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
	Subcontratos							
0402010003	ALQUILER VIVIENDA		mes	1.0000	500.00		500.00 500.00	
Partida	01.02	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS - HERRAMIENTAS PARA LA OBRA						
Rendimiento	Glb/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : glb		6,796.80	
Código	Descripción Recurso		Unidad Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
	Materiales							
0232970004	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO Y MAQUINARIA		glb	1.0000	6,796.80		6,796.80 6,796.80	
Partida	01.03	CARTEL DE IDENTIFICACION DE LA OBRA 3.60x2.40M						
Rendimiento	Und/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : und		1,210.27	
Código	Descripción Recurso		Unidad Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	8.0000	18.19	145.52	
0147010004	PEON		hh	1.0000	8.0000	16.43	131.44	
							276.96	
	Materiales							
0239130019	GIGANTOGRAFÍA DIGITAL TIPO BANNER DE 3.60M X 2.40M		und	1.0000	925.00		925.00 925.00	
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO	3.0000	276.96		8.31 8.31	
Partida	01.04	TRAZO Y REPLANTEO						
Rendimiento	Km/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : km		1,214.51	
Código	Descripción Recurso		Unidad Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.		Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0147000032	TOPOGRAFO		hh	1.0000	8.0000	25.26	202.08	
0147000037	NIVELADOR		hh	1.0000	8.0000	18.42	147.36	
0147010004	PEON		hh	4.0000	32.0000	16.43	525.76	
							875.20	
	Materiales							
0229060005	YESO DE 28 Kg		bls	1.0000	10.17		10.17	
0229200014	THINNER		gal	0.1800	14.80		2.66	
0230990080	WINCHA		und	0.1090	25.00		2.73	
0244010000	ESTACA DE MADERA EUCALIPTO		p2	2.0500	5.00		10.25	
0254010001	PINTURA ESMALTE SINTETICO		gal	0.2500	28.94		7.24	
							33.05	
	Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO	3.0000	875.20		26.26	
0349190005	NIVEL TOPOGRAFICO		he	1.0000	8.0000	10.00	80.00	
0349880023	ESTACION TOTAL		he	1.0000	8.0000	25.00	200.00	
							306.26	
Partida	02.01	CORTE EN TIERRA SUELTA						
Rendimiento	M3/DIA	MO. 570.0000	EQ. 570.0000		Costo unitario directo por : m3		4.65	

Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0028	23.10	0.06
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0281	16.43	0.46
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	0.2000	0.0028	18.36	0.05
	Equipos					0.57
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.57	0.02
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0140	290.00	4.06
						4.08

Partida **02.02 CORTE EN ROCA SUELTA**

Rendimiento **M3/DIA** MO. **460.0000** EQ. **460.0000** Costo unitario directo por : m3 **5.72**

Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	0.5000	0.0087	18.36	0.16
0147030094	OPERARIO EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0174	14.56	0.25
	Equipos					0.41
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.41	0.01
0349080098	TRACTOR D8	hm	1.0000	0.0174	304.44	5.30
						5.31

Partida **02.03 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE**

Rendimiento **M2/DIA** MO. **2,860.0000** EQ. **2,860.0000** Costo unitario directo por : m2 **1.63**

Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0028	23.10	0.06
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.0112	16.43	0.18
0147010023	CONTROLADOR OFICIAL	hh	0.5000	0.0014	18.36	0.03
	Equipos					0.27
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.27	0.01
0348040038	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 178-210 HP 5000 gl	hm	1.0000	0.0028	82.60	0.23
0349030013	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100 HP 7-9 ton	hm	1.0000	0.0028	180.00	0.50
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0028	220.00	0.62
						1.36

Partida **02.04 CONFORMACION DE TERRAPLENES**

Rendimiento **M3/DIA** MO. **790.0000** EQ. **790.0000** Costo unitario directo por : m3 **7.62**

Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0101	23.10	0.23
0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0608	16.43	1.00
	Equipos					1.23
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.23	0.04
0348040038	CAMION CISTERNA 4 X 2 (AGUA) 178-210 HP 5000 gl	hm	1.0000	0.0101	82.60	0.83
0349030013	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100 HP 7-9 ton	hm	1.0000	0.0101	180.00	1.82
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	0.5000	0.0051	290.00	1.48
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0101	220.00	2.22
						6.39

02.05 CARGUIO Y ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (a DME)

Rendimiento	M3/DIA	MO. 480.0000	EQ. 480.0000	Costo unitario directo por : m3			11.45
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0017	23.10	0.04
0147010004	PEON		hh	1.0000	0.0167	16.43	0.27
							0.31
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	0.31	0.01
0348040036	CAMION VOLQUETE 15 m3		hm	4.0000	0.0667	143.25	9.55
0349040010	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3		hm	0.4000	0.0067	236.00	1.58
							11.14
Partida	03.01	SUB BASE GRANULAR (E=0.20m)					
Rendimiento	M3/DIA	MO. 550.0000	EQ. 550.0000	Costo unitario directo por : m3			75.55
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0145	23.10	0.33
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0145	18.19	0.26
0147010004	PEON		hh	6.0000	0.0873	16.43	1.43
							2.02
	Materiales						
0205000046	MATERIAL GRANULAR - SUBBASE		m3		1.1500	58.00	66.70
0239050000	AGUA (INCLUYE MOTOBOMBA Y CISTERNA)		m3		0.1200	8.05	0.97
							67.67
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	2.02	0.06
0349030013	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100 HP 7-9 hm ton			1.0000	0.0145	180.00	2.61
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP		hm	1.0000	0.0145	220.00	3.19
							5.86
Partida	03.02	BASE GRANULAR (E=0.15 m)					
Rendimiento	M3/DIA	MO. 700.0000	EQ. 700.0000	Costo unitario directo por : m3			76.18
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0114	23.10	0.26
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0114	18.19	0.21
ff0147010004	PEON		hh	6.0000	0.0686	16.43	1.13
							1.60
	Materiales						
0205000047	MATERIAL GRANULAR PARA BASE		m3		1.1500	60.00	69.00
0239050000	AGUA (INCLUYE MOTOBOMBA Y CISTERNA)		m3		0.1200	8.05	0.97
							69.97
	Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.60	0.05
0349030013	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100 HP 7-9 hm ton			1.0000	0.0114	180.00	2.05
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP		hm	1.0000	0.0114	220.00	2.51
							4.61
Partida	03.03	IMPRIMACION ASFALTICA					
Rendimiento	M2/DIA	MO. 5,700.0000	EQ. 5,700.0000	Costo unitario directo por : m2			4.73
Código	Descripción Recurso	Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0014	23.10	0.03
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	0.0014	18.19	0.03

0147010004	PEON	hh	6.0000	0.0084	16.43	0.14
						0.20
	Materiales					
0213000006	ASFALTO RC-250	gal		0.2550	12.50	3.19
0253000000	KEROSENE INDUSTRIAL	gal		0.0450	11.50	0.52
						3.71
	Equipos					
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.20	0.01
0349030061	TRACTOR DE TIRO MASEY FERGUSON 265 DE 63 HP	hm	1.0000	0.0014	180.00	0.25
0349050003	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 p LONGITUD	hm	1.0000	0.0014	150.00	0.21
0349130004	CAMION IMPRIMIDOR 6 X 2 178 - 210 HP 1,800 gal	hm	1.0000	0.0014	250.00	0.35
						0.82

Partida	03.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=0.05M			
Rendimiento	M2/DIA	MO. 4,367.0000	EQ. 4,367.0000	Costo unitario directo por : m2	24.34

Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0018	23.10	0.04
0147010003	OFICIAL	hh	2.0000	0.0037	18.19	0.07
0147010004	PEON	hh	10.0000	0.0183	16.43	0.30
						0.41
	Materiales					
0204000005	FILLER	kg		2.2000	0.50	1.10
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.0300	80.00	2.40
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0260	60.00	1.56
0220010001	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 Y 85/100	gal		1.4000	12.50	17.50
						22.56
	Equipos					
0349040094	CARGADOR SOBRE LLANTAS 85-95 HP 1.5-1.75 YD3	hm	1.1000	0.0020	220.00	0.44
0349050015	SECADOR ARIDOS 2 MOTOR EQUIPO 70 HP 60-115 ton/h	hm	1.1000	0.0020	85.00	0.17
0349050020	PLANTA ASFALTO EN CALIENTE 60-115 ton/h	hm	1.1000	0.0020	380.00	0.76
						1.37

Partida	04.01	CUNETAS TRIANGULARES			
Rendimiento	M/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : m	115.42

Código	Descripción Recurso Subpartidas	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
900515010202	JUNTAS ASFALTICAS	m		0.6500	7.59	4.93
909701040112	EXCAVACION NO CLASIFICADA PARA ESTRUCTURAS	m3		0.5400	38.60	20.84
909701040212	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO CUNETAS RECTANGULARES	m2		0.1300	69.66	9.06
909701043013	REFINE Y PERFILADO EN CUNETAS	m2		1.8200	7.71	14.03
909701043319	CONCRETO f'c=175 kg/cm2 EN CUNETAS TRIANGULARES	m3		0.2000	332.80	66.56
						115.42

Partida	05.01	SEÑALES PREVENTIVAS DE 0.60m X 0.60m			
Rendimiento	Und/DIA/	MO. 6.0000	EQ. 6.0000	Costo unitario directo por : und	315.36

Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.2667	23.10	6.16
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	22.99	30.65
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	1.3333	18.19	24.25
						61.06
	Materiales					

0203110002	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2		3.8800	9.45	36.67
0229200015	SOLVENTE XILOL	gal		0.0270	30.54	0.82
0229550097	SOLDADURA (AWS E6011)	kg		0.0600	15.35	0.92
0230320005	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2		0.3600	96.65	34.79
0230750111	TINTA SERIGRAFICA NEGRA	gal		0.0210	1,180.00	24.78
0239020101	LIJA PARA CONCRETO	plg		1.0000	2.50	2.50
0251010058	ANGULO DE ACERO 1" X 1" X 3/16"	m		2.4000	12.00	28.80
0251040128	PLATINA DE ACERO 2" X 1/8"	m		1.8000	3.15	5.67
0254060038	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.0360	28.94	1.04
0254140005	PINTURA IMPRIMANTE	gal		0.0360	38.50	1.39
	Equipos					137.38
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	61.06	1.83
0348070021	SOLDADORA ELECTRICA TRIFASICA 400A	hm	1.0000	1.3333	15.00	20.00
						21.83
	Subpartidas					
909701050120	COLOCACION DE SEÑALES PREVENTIVAS	und		1.0000	95.09	95.09
						95.09

Partida	05.02	SEÑALES REGLAMENTARIAS DE 0.90m X 0.60m				
Rendimiento	Und/DIA	MO. 6.0000	EQ. 6.0000		Costo unitario directo por : und	312.24

Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0147010001	CAPATAZ		hh	0.2000	0.2667	23.10	6.16
0147010002	OPERARIO		hh	1.0000	1.3333	22.99	30.65
0147010003	OFICIAL		hh	1.0000	1.3333	18.19	24.25
							61.06
		Materiales					
0203110002	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD		p2		5.8100	9.45	54.90
0229200015	SOLVENTE XILOL		gal		0.0203	30.54	0.62
0229550097	SOLDADURA (AWS E6011)		kg		0.0450	15.35	0.69
0230320005	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO		m2		0.5400	96.65	52.19
0230750111	TINTA SERIGRAFICA NEGRA		gal		0.0056	1,180.00	6.61
0230750112	TINTA SERIGRAFICA ROJA		gal		0.0073	1,200.00	8.76
0239020101	LIJA PARA CONCRETO		plg		1.0000	2.50	2.50
0251040128	PLATINA DE ACERO 2" X 1/8"		m		1.3600	3.15	4.28
0254060038	PINTURA ESMALTE SINTETICO		gal		0.0563	28.94	1.63
0254140005	PINTURA IMPRIMANTE		gal		0.0540	38.50	2.08
	Equipos						134.26
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	61.06	1.83
0348070021	SOLDADORA ELECTRICA TRIFASICA 400A		hm	1.0000	1.3333	15.00	20.00
							21.83
	Subpartidas						
909701050122	COLOCACION DE SEÑALES REGLAMENTARIAS		und		1.0000	95.09	95.09
							95.09

Partida	05.03	SEÑALES INFORMATIVAS				
Rendimiento	Und/DIA	MO. 6.0000	EQ. 6.0000		Costo unitario directo por : und	435.85

Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
		Mano de Obra					
0147010001	CAPATAZ		hh	0.2000	0.2667	23.10	6.16

0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	22.99	30.65
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	1.3333	18.19	24.25
						61.06

Materiales

0203110002	LAMINA REFLECTIVA ALTA INTENSIDAD	p2		14.0000	9.45	132.30
0229200015	SOLVENTE XILOL	gal		0.0100	30.54	0.31
0229550097	SOLDADURA (AWS E6011)	kg		0.0290	15.35	0.45
0230320005	FIBRA DE VIDRIO DE 4 mm ACABADO	m2		1.0000	96.65	96.65
0251020009	TEE DE ACERO LIVIANO DE 1 1/2" X 1 1/2" X 3/16" X 6 m	pza		0.5100	42.00	21.42
0254060038	PINTURA ESMALTE SINTETICO	gal		0.1000	28.94	2.89
0254140005	PINTURA IMPRIMANTE	gal		0.1000	38.50	3.85
						257.87

Equipos

0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	61.06	1.83
0348070021	SOLDADORA ELECTRICA TRIFASICA 400A	hm	1.0000	1.3333	15.00	20.00
						21.83

Subpartidas

909701050124	COLOCACION DE SEÑAL INFORMATIVA	und		1.0000	95.09	95.09
						95.09

Partida 05.04 MARCAS EN EL PAVIMENTO

Rendimiento	M2/DIA	MO. 800.0000	EQ. 800.0000		Costo unitario directo por : m2	8.48
-------------	---------------	---------------------	---------------------	--	---------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010001	CAPATAZ	hh	0.5000	0.0050	23.10	0.12
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.0100	22.99	0.23
0147010004	PEON	hh	4.0000	0.0400	16.43	0.66
						1.01
Materiales						
0229200015	SOLVENTE XILOL	gal		0.0096	30.54	0.29
0230340001	MICROESFERAS DE VIDRIO	kg		0.3500	4.00	1.40
0254450080	PINTURA PARA TRAFICO	gal		0.1000	53.80	5.38
						7.07
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.01	0.05
0349900062	MAQUINA PARA PINTAR MARCAS EN PAVIMENTO	hm	1.0000	0.0100	35.00	0.35
						0.40

Partida 05.05 POSTE DE KILOMETRAJE

Rendimiento	Und/DIA	MO. 3.0000	EQ. 3.0000		Costo unitario directo por : und	110.66
-------------	----------------	-------------------	-------------------	--	----------------------------------	---------------

Código	Descripción Recurso Subpartidas	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
900303020203	EXCAVACION DE ZANJAS PARA CIMIENTOS	m3		0.1250	38.60	4.83
900304070204	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2		0.7640	51.06	39.01
900305070103	CONCRETO f'c=175 kg/cm2	m3		0.0300	378.91	11.37
900305150101	ACERO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		2.6000	5.13	13.34
900322010205	PINTADO DE POSTES DE KILOMETRAJE	und		1.0000	42.11	42.11
						110.66

Partida 06.01 ACONDICIONAMIENTO DE DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE (DME)

Rendimiento	M2/DIA	MO. 4,000.0000	EQ. 4,000.0000		Costo unitario directo por : m2	0.71
-------------	---------------	-----------------------	-----------------------	--	---------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso Mano de Obra	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0040	16.43	0.07

0147030094	OPERARIO EQUIPO PESADO	hh	1.0000	0.0020	14.56	0.03	0.10
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.10		
0349080098	TRACTOR D8	hm	1.0000	0.0020	304.44	0.61	0.61

Partida	06.02	RESTAURACION DE AREAS AFECTADAS POR CAMPAMENTOS PATIO DE MAQUINAS Y OTROS				
Rendimiento	M2/DIA	MO. 180.0000	EQ. 180.0000		Costo unitario directo por : m2	1.50

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010004	PEON	hh	2.0000	0.0889	16.43	1.46	
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.46	0.04	

Partida	06.03	EDUCACION AMBIENTAL				
Rendimiento	Mes/DIA	MO. 1.0000	EQ. 1.0000		Costo unitario directo por : mes	1,200.00

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010100	CAPACITACION EN GESTION COMUNAL	glb		1.0000	1,200.00	1,200.00	
						1,200.00	

4.8.3. BENEFICIOS QUE APORTA LA PROPUESTA

Los beneficios que aporta la propuesta son:

- Mayor integración y comunicación entre las localidades del ámbito de influencia.
- Adecuado nivel de transitabilidad vehicular, al garantizar con un ancho adecuado de calzada y radios mínimos en curvas.
- Proveer adecuados niveles de seguridad y comodidad a los usuarios de la vía.
- Permitir un servicio de transporte económico.
- Disminución de los tiempos de viaje.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se logró obtener del estudio de tráfico el **IMD de 1931 veh/día**, la carretera en estudio se encuentra clasificado dentro de una carretera de **Segunda Clase**.
- Del levantamiento topográfico se determinó las características geométricas de la carretera Cajamarca – Otuzco, la cual se obtuvo una longitud de 6.79 Km. Con una calzada de dos carriles uno en cada sentido que varía entre 6.50 m – 8.00m, cuenta con 41 curvas horizontales y 29 curvas verticales.
- Se obtuvo del análisis comparativo de las características geométricas de la carretera Cajamarca – Otuzco (Km 00+000 – Km 06+788), que la carretera **no cumple con las características de diseño geométrico** establecido según las normas de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2018, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. 1. Resumen de Evaluación Parámetros de Diseño

CARRETERA CAJAMARCA - OTUZCO		CONDICIÓN SEGÚN NORMA DG-2018			
PARÁMETROS DE DISEÑO		Cumple	%	No cumple	%
PLANTA	Longitud de tramos en Tangente (LTT)	22	54 %	19	46 %
	Radio Mínimo	9	22 %	32	78 %
	Longitud de curva horizontal	0	0 %	41	100 %
PERFIL	Pendiente Longitudinal	27	90 %	3	10 %
	Longitud de Curva Vertical	15	52 %	14	48 %
SECCION TRANSVERSAL	Ancho de calzada	4.16	61 %	2.63	39 %
	Ancho de Berma	0	0 %	6.79	100 %
	Peralte	0	0 %	41	100 %
	Sobreancho	1	2 %	40	98 %

- Se realizó la evaluación de la señalización en función de las características geométricas de la carretera Cajamarca – Otuzco (Km 00+000 – Km 06+788), el cual se determinó que la carretera **no cumple con la señalización vial**, en cuanto a su ubicación, estado de conservación y localización de acuerdo a lo establecido en el manual de Dispositivos de Control de Tránsito para Calles y Carreteras – MTC 2016 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. 2. Resumen de Evaluación Señalización Vial

CARRETERA CAJAMARCA - OTUZCO		SEGÚN MANUAL DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁNSITO PARA CALLES Y CARRETERAS-MTC 2016			
SEÑALES VERTICALES		Cumple	No cumple	No Presenta	TOTAL
REGLAMENTACIÓN	R-1	0	0	2	2
	R-30	0	1	2	3
PREVENCIÓN	P-1A	0	1	4	5
	P-1B	0	0	5	5
	P-2A	0	1	3	4
	P-2B	0	0	4	4
	P-3A	0	0	2	2
	P-4A	0	0	2	2
	P-4B	0	0	2	2
	P-9A	0	0	5	5
	P-9B	0	0	2	2
	P-33A	6	1	0	7
	P-45	0	0	1	1
	P-49	3	1	1	5
	P-56	0	0	2	2
INFORMACIÓN	SÑ-I	6	3	0	9
	I-2A	0	0	7	7
	I-6	0	0	2	2
	I-16	0	0	1	1
	I-19	0	0	1	1

- Se propuso el mejoramiento que consiste en una modificación de las características geométricas de la carretera; rectificación del alineamiento, modificación de curvas horizontales, ampliación de calzada, adecuación de bermas y cunetas aprovechando al máximo la carretera existente, de acuerdo a lo establecido en el Manual de Carreteras DG-2018 y de esta manera tener una vía más cómoda y segura.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio de señalización más detallado para establecer la correcta señalización de la carretera garantizando el tránsito vehicular en forma normal, sin riesgo y accidentes.
- Realizar el estudio de seguridad vial donde se desarrolla la vía, con la finalidad de evaluar los tramos críticos que representen riesgo o inseguridad en la vía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agudelo Ospina, J. J. (2002). *Diseño Geométrico De Vías*. vías y transporte Medellín – Colombia.: 2002. 3- Ingeniería civil.
- Barrera Ardila, L. M. (2012). “Parámetros de seguridad vial para el diseño geométrico de carreteras”. Universidad Pontificia Bolivariana - Bucaramanga, Colombia.
- Chocontá Rojas , P. A. (2011). *Diseño Geométrico de Vías*. Edition, 3. Publisher, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Mendoza D, J. (2019). *Topografía y Geodesia*. Lima-Perú. 664p.: Editorial Maraucano.
- Cárdenas Grisales , J. (2013). *Diseño Geométrico de Vías 2013, Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: – 2ª. ed. Ecoe Ediciones, 2013. 544 p. – (Textos universitarios. Ingeniería).
- Chingay Paredes, L. J. (2017). “*Características Geométricas de la Carretera Sunuden – San Miguel para la Seguridad Vial en Base a la Norma de Diseño Geométrico DG-2014*”.
- Galán, F., & Quispe, E. (2018). Evaluación de las Características Geométricas de la Carretera Huaraz – Pinar, Aplicando las Normas del M.T.C. En Independencia, Huaraz, Ancash.
- García Figueroa, L. O. (2016). Evaluación del Diseño Geométrico de la carretera Casma –Huaraz, Tramo KM 135+000 al Km 145+600, Aplicando el Manual de Diseño Geométrico DG -2014 año 2016”.
- Ibañes, W. (2016). *Costos y Tiempos en Carreteras*. Lima-Perú. 612 p. : Editorial Macro.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG- 2018)*. Lima, Perú, MTC. 284 p.
- Ministerio de Transportes, Comunicaciones y Comunicaciones . (2016). *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. Lima, Perú, MTC. 394 p.
- Peña Olaya, & Suarez Tinjacá. (2015). Análisis de la incidencia del diseño geométrico y la señalización vial en el índice de accidentalidad en la vía Mosquera –la Mesa”. Universidad Nueva Granada, Bogotá –Colombia.
- Peña Olaya, E., & Suarez Tinjaca, S. (2015). *Análisis de la Incidencia del Diseño Geométrico y la Señalización Vial en el Índice de Accidentalidad en la vía Mosquera – la Mesa, Colombia*. Universidad Militar Nueva Granada. 117P.
- Villa Algón, C. (2018). *Diseño de Carreteras utilizando AutoCAD Civil 3D*. 61 pp.

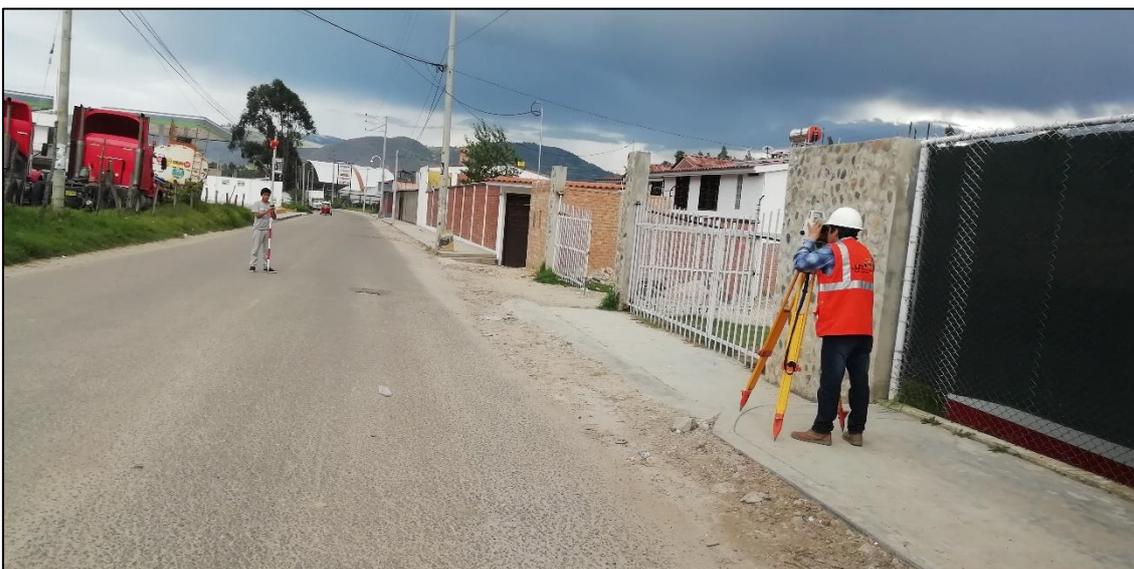
ANEXOS

ANEXO A
PANEL FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA N°01: Punto de inicio, ubicado intersección AV. Hoyos Rubio con carretera hacia Otuzco



FOTOGRAFÍA N°02: Levantamiento Topográfico del eje de la vía.



FOTOGRAFÍA N°03: Levantamiento Topográfico del ancho de calzada.



FOTOGRAFÍA N°04: Levantamiento Topográfico en curva horizontal C5.



FOTOGRAFÍA N°05: Medición de ancho de calzada en curvas C-11.



FOTOGRAFÍA N°06: Medición de ancho de Calzada en tramos rectos.



FOTOGRAFÍA N°07: Medición de ancho de berna.



FOTOGRAFÍA N°08: Medición de ancho de cunetas.



FOTOGRAFÍA N°09: Curvas horizontales.



FOTOGRAFÍA N°10: Tramo Final Carretera Cajamarca - Otuzco.



FOTOGRAFÍA N°11: Inadecuada señalización Km 06+540.



FOTOGRAFÍA N°12: Señal Preventiva (P-49), en mal estado de conservación Km 06+460.



FOGRAFÍA N°13: Señal Preventiva (P-2A), mal ubicada Km 00+200.



FOGRAFÍA N°14: Señal Informativa (SÑ-I), poca visibilidad Km 04+810.

ANEXO B

PLANO DE UBICACIÓN

ANEXO C
PLANO CLAVE

ANEXO D
PLANOS PLANTA PERFIL

ANEXO E
PLANOS SECCIONES TÍPICAS

ANEXO F

PLANOS SECCIONES TRANSVERSALES

ANEXO G
PLANO DE SEÑALIZACIÓN