

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Facultad de Ingeniería
Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil



“EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CARRETERA LA SHITA – ATUMPATA KM 00 + 00 – KM 05 + 00 EN FUNCIÓN A SUS PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO”

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERO CIVIL

Presentado por el Bachiller:
José Wilson Carrera Terrones

Asesor:
Ing. Ever Rodríguez Guevara

Cajamarca – Perú

2019

Copyright © 2019 by
José Wilson Carrera Terrones
Todos los derechos Reservados

AGRADECIMIENTO

A Dios por protegerme y bendecirme durante todo mi camino. Por los triunfos y momentos especiales que me han enseñado a valorar cada día.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, por darme la oportunidad de ser profesional, a la Facultad de Ingeniería Civil, por ser mi formadora intelectual a través de sus docentes, y a todas las personas y amigos que me brindaron su apoyo para la culminación de la presente tesis.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me apoyaron en todo momento, Susana y José, por siempre creer en mí, enseñarme valores, por orientarme y me motivan a superarme.

A mis muy queridos hermanos, a Luis e Iván, quienes me acompañaron siempre para lograr este paso muy importante en mi vida.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	3
1.3. HIPÓTESIS.	3
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	3
1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	4
1.6. OBJETIVOS.....	4
1.6.1. Objetivo general.	4
1.6.2. Objetivos específicos.	4
1.7. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPITULOS.....	5
1.8. DEFINICIÓN DE VARIABLES.	5
1.8.1. Variable independiente (VI).	5
1.8.2. Variable dependiente (VD).....	5
1.8.3. Operacionalización de variables.	5
1.8.4. Matriz de consistencia.	8
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	9
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.	9
2.1.1. Internacionales.	9
2.1.2. Nacionales.	10
2.1.3. Locales.	11
2.2. BASES TEÓRICAS.	12
2.2.1. Seguridad vial.	12
2.2.2. Indicadores de seguridad vial.	18
2.2.3. Carretera.	19
2.2.4. Clasificación de la carretera.....	20
2.2.5. Levantamiento topográfico.....	20
2.2.6. Topografía.	21
2.2.7. Diseño geométrico de la vía.	21
2.2.8. Parámetros de diseño.	25
2.2.9. Consistencia del diseño geométrico.....	34
2.2.10. Integración de la consistencia en la evaluación de la seguridad vial.....	42
2.2.11. Señalización vial.....	44
2.2.12. Definición de términos básicos.....	46
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	48
3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.	48
3.1.1. Ubicación política.....	48
3.1.2. Ubicación geográfica y coordenadas UTM – WGS84 – Zona 17S.....	48

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.1.1. Tipo de investigación.....	50
3.1.2. Nivel de investigación.	50
3.1.3. Diseño de la investigación.....	51
3.1.4. Método de investigación.....	51
3.1.5. Población de estudio.	51
3.1.6. Muestra.	51
3.1.7. Unidad de análisis.....	51
3.3. MATERIALES E INSTRUMENTOS.	51
3.4. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO.	53
3.4.1. Levantamiento topográfico.....	53
3.5. APLICACIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO.	53
3.5.1. Trabajo de campo.	53
3.5.2. Trabajo de gabinete.....	55
3.6. CLASIFICACIÓN DEL CAMINO.	56
3.7. ESTUDIO DE LA GEOMETRÍA DE LA CARRETERA.	63
3.7.1. Vehículo de diseño.	63
3.7.2. Características de las curvas horizontales.....	64
3.7.3. Características de las curvas verticales.....	75
3.7.4. Parámetros de diseño según el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT).	78
3.7.5. Cunetas y drenaje.....	78
3.8. DOTACIÓN VIAL.	78
3.9. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85 ESTIMADAS EN CURVAS Y TANGENTES.....	79
3.10. EVALUACIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EXISTENTES EN LA CARRTERA.	87
3.10.1. Evaluación de la plataforma o corona (ancho de calzada más bermas).....	87
3.10.2. Evaluación del talud de corte y relleno.....	94
3.10.3. Evaluación longitud de curva horizontal.	100
3.10.4. Evaluación de radios.....	103
3.10.5. Evaluación de sobrecanchos.....	106
3.10.6. Evaluación del peralte.....	109
3.10.7. Evaluación de la longitud de transición de peralte.	112
3.10.8. Evaluación de las distancias de visibilidad.....	115
3.10.9. Evaluación de las curvas verticales.	118
3.10.10. Evaluación de pendientes.	119
3.11. EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA GEOMÉTRICA.....	120
3.11.1. Construcción de perfil de velocidad.	127
3.12. INDICADORES DE ACCIDENTABILIDAD.....	129
3.12.1. Índice de peligrosidad de accidentes totales.....	129
3.12.1. Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas.....	130
3.12.1. Índice de severidad.	130
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	132

4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS POR KILÓMETRO.....	132
4.1.1. Análisis del km 00+000 al km 01+000.....	132
4.1.2. Análisis del km 01+000 al km 02+000.....	133
4.1.3. Análisis del km 02+000 al km 03+000.....	134
4.1.4. Análisis del km 03+000 al km 04+000.....	134
4.1.5. Análisis del km 04+000 al km 05+000.....	135
4.2. EVALUACIÓN DE TODO EL TRAMO ESTUDIADO DE LA CARRETERA LA SHITA ATUMPATA KM 00+000 – KM 05+000.....	136
4.2.1. Verificación de los elementos geométricos en planta.....	137
4.2.2. Verificación de los elementos geométricos en perfil.....	138
4.2.3. Verificación de los elementos geométricos en sección transversal.	139
4.2.4. Verificación de la existencia de dotación vial.	140
4.2.4. Evaluación de la consistencia geométrica km 00+00 – km 05+00.....	140
4.2.5. Evaluación de las características geométricas y la consistencia en los puntos de la carretera donde se produjeron accidentes de tránsito.	141
4.3. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA	142
4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	143
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
5.1. CONCLUSIONES.	144
5.2. RECOMENDACIONES.	145
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO	149
ANEXO B: PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	157
ANEXO C: DATOS Y CÁLCULOS DE POLIGONAL ABIERTA.....	173
ANEXO D: PLANO DE UBICACIÓN	178
ANEXO E: PLANOS PLANTA Y PERFIL.....	179
ANEXO F: PLANO DE SECCIÓN TÍPICA	180
ANEXO G: PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Cuadro de Operacionalización de Variables	6
Tabla 1.2. Matriz de consistencia.....	8
Tabla 2.1. Tipo de topografía en función a la inclinación del terreno respecto a la horizontal	21
Tabla 2.2. Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal.....	22
Tabla 2.3. Elementos de curvas horizontales simples.....	23
Tabla 2.4. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.....	24
Tabla 2.5. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.....	24
Tabla 2.6. Ancho del derecho de vía.	25
Tabla 2.7. Fricción transversal máxima en curvas	26
Tabla 2.8. Radios mínimos y peraltes máximos.....	27
Tabla 2.9. Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente	28
Tabla 2.10. Pendientes máximas normales	29
Tabla 2.11. Dimensiones mínimas de las cunetas	31
Tabla 2.12. Valores de peralte máximo.....	31
Tabla 2.13. Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte	32
Tabla 2.14. Taludes de corte	33
Tabla 2.15. Taludes de relleno	33
Tabla 2.16. Ecuaciones para la estimación de velocidades de operación en curvas horizontales	38
Tabla 2.17. Indicadores y criterios de Lamm.....	42
Tabla 3.1. Coordenadas UTM para la ubicación del punto inicial.....	48
Tabla 3.2. Coordenadas UTM para la ubicación del punto final.	49
Tabla 3.3. Materiales e instrumentos.....	52
Tabla 3.4. Índice medio diario.....	55
Tabla 3.5. Datos de accidentes de tránsito en la carretera la Shita – Atumpata.....	56
Tabla 3.6. Tipo de orografía de terreno.....	56
Tabla 3.7. Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo=8%	66
Tabla 3.8. Características de las curvas horizontales	66
Tabla 3.9. Distancias de visibilidad de parada (DVP)	70
Tabla 3.10. Ancho mínimo libre de obstrucciones a la visibilidad	72
Tabla 3.11. Cálculo del índice de curvatura (K) actual.....	76
Tabla 3.12. Cálculo de las longitudes de curvas verticales	77
Tabla 3.13. Parámetros de diseño geométrico según el MDCNPBVT (2005).....	78
Tabla 3.14. Condiciones de alineamiento	79
Tabla 3.15. Estimaciones de velocidades de operación de curvas y tangentes	82
Tabla 3.16. Evaluación de la plataforma o corona	88
Tabla 3.17. Evaluación del talud de corte y relleno	94
Tabla 3.18. Evaluación de longitud de curva horizontal.....	101
Tabla 3.19. Evaluación de radios	104
Tabla 3.20. Evaluación de sobreebanco.....	106
Tabla 3.21. Evaluación del peralte	109

Tabla 3.22. Evaluación de longitud de transición de peralte.....	112
Tabla 3.23. Evaluación de banquetas de visibilidad en curvas horizontales.....	115
Tabla 3.24. Evaluación de longitud de curvas verticales	118
Tabla 3.25. Evaluación de pendientes	119
Tabla 3.26. Criterio I de consistencia geométrica.....	120
Tabla 3.27. Criterio II de consistencia geométrica.....	121
Tabla 3.28. Datos de evaluación de la consistencia geométrica criterios I y II de Lamm	122
Tabla 3.29. Índice de peligrosidad de accidentes totales	129
Tabla 3.30. Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas.....	130
Tabla 3.31. Índice de severidad.....	131
Tabla 4.1. Evaluación de las características geométricas del km 00+000 al km 01+000	132
Tabla 4.2. Evaluación de las características geométricas del km 00+000 al km 01+000	133
Tabla 4.3. Evaluación de las características geométricas del km 00+000 al km 01+000	134
Tabla 4.4. Evaluación de las características geométricas del km 03+000 al km 04+000	135
Tabla 4.5. Evaluación de las características geométricas del km 04+000 al km 05+000	136
Tabla 4.6. Verificación de los elementos geométricos en planta km 00+00 – km 05+00	137
Tabla 4.7. Verificación de los elementos geométricos en perfil km 00+00 – km 05+00	138
Tabla 4.8. Verificación de los elementos geométricos en sección transversal km 00+00 – km 05+00.....	139
Tabla 4.9. Resultado de la evaluación de consistencia geométrica de la carretera	140
Tabla 4.10. Evaluación de accidentes de tránsito producidos con las características geométricas de la vía	141
Tabla 4.11. Evaluación de la seguridad vial nominal de la carretera.....	142
Tabla 4.12. Indicadores de accidentabilidad	143
Tabla B.1. Puntos de levantamiento topográfico	158
Tabla C.1. Datos y cálculo de la poligonal abierta.....	174

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Elementos de una curva simple.	22
Figura 2.2. Visibilidad en curva horizontal.	30
Figura 2.3. Ecuaciones para la estimación de velocidades de operación para tangentes.	39
Figura 2. 4. Ejemplo de una sección de vía (a) y su perfil (b).	40
Figura 2.5. Ejemplo de señales Reguladoras – de restricción.	44
Figura 2.6. Ejemplo de señales preventivas – curvatura horizontal.	45
Figura 2.7. Ejemplo de señales informativas – de dirección.	45
Figura 3.1. Ubicación del punto Inicial.	48
Figura 3.2. Ubicación del punto final.	49
Figura 3.3. Ubicación de la carretera.	50
Figura 3.4. Características del vehículo de diseño	63
Figura 3.5. Visibilidad en curva (Vista en planta).	71
Figura 3.6. Distancia de visibilidad en curva horizontal.	72
Figura 3.7. Perfil de velocidades de operación de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00.	128
Figura 4.1. Verificación de los elementos geométricos en planta km 00+00 al km 05+00 ...	137
Figura 4.2. Verificación de los elementos geométricos en perfil km 00+00 al km 05+00	138
Figura 4.3. Verificación de los elementos geométricos en sección transversal km 00+00 al km 05+00.	139

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal realizar la evaluación de la seguridad vial de la carretera la Shita – Atumpata km 00+000 – km 05+000, en función a sus elementos geométricos. Para ello se hizo la estimación del volumen de tránsito, se obtuvo información de accidentes de tránsito y se realizó el levantamiento topográfico para determinar las características de los elementos geométricos de la carretera, realizándose el modelamiento en el programa Autocad Civil 3D; obteniéndose una topografía predominante ondulada (tipo II), 104 curvas horizontales, 23 curvas verticales, y no presenta cunetas ni señalización. La investigación fue no experimental a nivel descriptivo. Luego se analizó las características geométricas comparándolas con los parámetros de diseño geométrico según el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT), se ha evaluado la consistencia geométrica en función a las velocidades de operación y se calculó los índices de accidentabilidad. Se obtuvo que las características geométricas no cumplen: el 61.38% en planta, 56.76% en perfil y el 55.10% en sección transversal, el 86.54% de la vía tiene consistencia geométrica pobre, el índice de peligrosidad de accidentes totales y accidentes con víctimas es 136.99 y el índice de severidad es 1369.96. Concluyéndose que la carretera es insegura, los elementos geométricos inconsistentes o puntos de riesgo que representa el 62.98% del total de la carretera, encontrándose como puntos críticos donde ocurrieron los accidentes de tránsito, el km 2 y km 4 donde los índices de peligrosidad son muy altos.

Palabras Claves: Diseño geométrico, carretera, seguridad vial, comparación, consistencia, velocidad.

ABSTRACT

The main objective of the present investigation was to evaluate the road safety of the Shita - Atumpata km 00 + 000 - km 05 + 000 highway, according to its geometrical elements. To do this, the traffic volume was estimated, information on traffic accidents was obtained and the topographic survey was carried out to determine the characteristics of the geometric elements of the road, modeling being carried out in the Autocad Civil 3D program; obtaining a predominant undulating topography (type II), 104 horizontal curves, 23 vertical curves, and no curbs or signaling. The research was non-experimental on a descriptive level. Then the geometric characteristics were analyzed comparing them with the parameters of geometric design according to the manual for the design of unpaved roads of low volume of traffic (MDCNPBVT), the geometric consistency was evaluated according to the operating speeds and the indexes were calculated. of accidentability. It was obtained that the geometric characteristics do not comply: 61.38% in plant, 56.76% in profile and 55.10% in cross section, 86.54% of the road has poor geometrical consistency, the hazard index of total accidents and accidents with victims is 136.99 and the severity index is 1369.96. Concluding that the road is unsafe, the inconsistent geometrical elements or risk points that represent 62.98% of the total road, being as critical points where traffic accidents occurred, km 2 and km 4 where the hazard indices are very high.

Keywords: Geometric design, road, road safety, comparison, consistency, speed.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

La seguridad vial de una carretera está asociada a muchos factores dentro de los cuales tres son los que más influyen, estos son: el diseño geométrico, el tránsito y dotaciones viales ya que estos influyen en la velocidad de operación que elige el conductor en diferentes instantes que pasa por una carretera, siendo la velocidad un factor de riesgo para la ocurrencia de accidentes. El diseño geométrico determina la configuración tridimensional (planta, perfil y sección transversal) y mucho depende de la ubicación y forma geométrica de la carretera para que esta sea segura, cómoda y funcional; conocer y evaluar los elementos que componen la geometría de una carretera permite la identificación de factores de riesgo que podrían originar accidentes. Conocer el tránsito que va circular ayudará a tomar decisiones para saber qué características debe tener una vía y así elevar los niveles de seguridad relacionadas con los vehículos. Así mismo es importante considerar las dotaciones viales que deben tener las vías como es la señalización, ya que esta cumple un papel importante en la seguridad de una carretera; ya que la señalización mantiene informado al conductor de las características de la vía y advierte de la existencia de peligros si los hubiese.

En la actualidad las vías de comunicación son de vital importancia, son un medio de comunicación e interrelación entre localidades, pero muchas de estas carreteras que son de bajo volumen de tránsito han sido construidas sin respetar lo que indica las normas de diseño correspondientes, tienen elevadas pendientes, anchos insuficientes, escasa o nula visibilidad, curvas con radios muy pequeños, entre otros haciendo que estas carreteras sean inconsistentes por consiguiente inseguras. Por lo cual fue necesario evaluar la consistencia geométrica de la vía en estudio; donde muchos estudios que se han venido abordando por varios investigadores a nivel del mundo, tienen la tendencia de realizarlo analizando los perfiles de velocidad de operación, comparando la velocidad de operación con la velocidad de diseño y la diferencia de velocidad de operación entre elementos geométricos consecutivos, ya que mientras más sea la diferencia más es la probabilidad de que se produzca un accidente, haciendo a la carretera más insegura e incómoda.

Por todo lo anterior descrito es que la finalidad de la investigación fue realizar la “Evaluación de la seguridad vial de la carretera la Shita – Atumpata km 0+0.00– km 5+0.00 en función a sus elementos geométricos”, para así poder velar por la seguridad y comodidad de los conductores que transitan por este tipo de carreteras.

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.

Actualmente el distrito de José Sabogal que está ubicado en la provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, cuenta con muchas carreteras a nivel de afirmado y trocha carrozable que unen los diferentes caseríos del distrito y una de ellas es la carretera la Shita – Atumpata. El caserío Atumpata es una zona de mucha producción agrícola como son los tubérculos: papa, ollucos y ocas, así mismo su población se dedica a la ganadería teniendo una importante producción de lechería y para poder sacar estos productos en la actualidad todavía lo hacen en acémilas de carga, ya que los vehículos no visitan mucho este caserío por el motivo que la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 tiene mucha pendiente, curvas con radios muy reducidos, anchos de calzada menores al mínimo, falta de visibilidad en otras deficiencias de diseño geométrico que hace dificultoso el tráfico de vehículos por dicha vía.

Hasta la fecha se han registrados dos accidentes de tránsito según información de la población del lugar, uno es la volcadura de una motocar suscitado el 08 de septiembre del 2014 en kilómetro 01+600, donde el chofer resultó herido de gravedad y el otro accidente fue el despiste de una combi suscitado el 10 de marzo del 2015 en el kilómetro 03+355, donde resultaron heridos ocho personas, dos de gravedad. Los mencionados accidentes han generado desconfianza a los conductores para transitar por esta carretera, siendo muy poco la afluencia de tráfico en la actualidad por dicha vía, afectando a los pobladores del lugar para sacar sus productos, realizar el intercambio comercial, así como en su traslado e interfiriendo en su nivel socio-económico.

Hasta ahora se han venido desarrollando muchos estudios de seguridad vial en diferentes carreteras con la finalidad de determinar los elementos y/o condiciones que pueden generar un accidente de tránsito (que muchos generan pérdidas materiales y pérdida humanas) producidos por diversos factores, pero muchos tienen relación con la geometría de la vía, falta de señalización, velocidad de operación y la consistencia. Además, a la fecha no hay ningún estudio de seguridad vial en las carreteras del distrito de José Sabogal; por lo que con la presente tesis se ha buscado conocer y determinar las deficiencias de la carretera la Shita – Atumpa km 00+00 – km 05+00 en cuanto a seguridad vial relacionado con los elementos geométricos de la vía, con la finalidad que se puedan hacer mejoras, ésta sea más segura, se mejore la transitabilidad vehicular y se prevenga futuros accidentes de tránsito.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿La carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 en función a sus elementos geométricos es segura?

1.3. HIPÓTESIS.

➤ La carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 en función a sus elementos geométricos no es segura.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Hoy en día se le está dando mucha importancia al tema de seguridad vial en carreteras, debido a que se han producido muchos accidentes de tránsito, y viendo que la mayoría de vías se han construido sin cumplir con los parámetros de diseño geométrico estipulados en los reglamentos, por lo que no presentan la seguridad necesaria para el tránsito vehicular; tomando en cuenta que investigaciones anteriores han demostrado que las características geométricas de la carretera juegan un papel importante cuando se produce un accidente, además actualmente una carretera resulta de alta importancia para comunicar los diferentes pueblos y regiones, mejorando así la economía de la población.

Frente a esta problemática, la importancia de la presente investigación consistió en contar con herramientas de evaluación de seguridad vial en una carretera construida, con la finalidad que se puedan tomar medidas correctivas en el futuro mediante el análisis de consistencia geométrica, que hasta ahora no se ha incluido en la construcción de una vía, y que es relevante para que exista la coordinación del trazo, y así se pueda disminuir y evitar posibles futuros accidentes, teniendo un impacto social positivo beneficiando a los conductores, peatones y la población de las comunidades que necesitan hacer uso de la carretera la Shita y Atumpata.

Por todo lo expuesto la importancia de esta tesis radica en que, en nuestro país, especialmente en Cajamarca, no hay muchos estudios de evaluación de seguridad vial de carreteras de acuerdo a la configuración geométrica de la vía y la consistencia geométrica, pudiendo incluirse en nuevos proyectos especialmente en carreteras de la zona rural, identificando tramos inseguros, para hacer el mejoramiento de los mismos y elevar la seguridad vial de la carretera.

1.5. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

En la presente tesis se realizó la evaluación de la seguridad vial solamente a la carretera La Shita – Atumpata km 00+000 – km 05+000, de acuerdo a sus características de los elementos geométricos en planta, perfil y sección transversal, y así determinar si se satisface los parámetros de diseño para ser una carretera segura, respecto al manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT). Buscando así, establecer una línea de investigación que permita una secuencia en la evaluación de la seguridad vial de vías terrestres, y con esta evaluación, se mejore su diseño y por tanto se eviten futuros accidentes de tránsito.

1.6. OBJETIVOS.

1.6.1. Objetivo general.

- Evaluar la seguridad vial de la carretera La Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 en función a sus elementos geométricos.

1.6.2. Objetivos específicos.

- Realizar el levantamiento topográfico de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00.
- Determinar las características de los elementos geométricos en planta, perfil y sección transversal de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 a través de la información obtenida del levantamiento topográfico.
- Comparar las características de los elementos geométricos actuales de la carretera La Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 con los parámetros de diseño establecidos en el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito para determinar si garantizan la seguridad vial.
- Evaluar la consistencia geométrica de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 a través de la estimación de las velocidades de operación en curvas horizontales y tangentes.
- Determinar los índices de accidentabilidad y puntos críticos que existen en la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+000.

1.7. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPITULOS.

La presente tesis se estructura en base a los siguientes capítulos que se indica a continuación:

El capítulo I. Introducción: presenta la identificación del problema, la hipótesis, formulación del problema, justificación, objetivos, alcances y la delimitación que se desarrolla en la presente investigación; el capítulo II. Marco teórico: se resumen los antecedentes de investigación y bases teóricas sobre la seguridad vial centrándose principalmente en conceptos referidos a diseño geométrico de una carretera dentro del marco normativo del manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT), estudio de consistencia geométrica, estimación de velocidad de operación en curvas horizontales y tangentes y la definición de términos básicos más importantes; el capítulo III. Materiales y métodos: describe la ubicación donde se realizó la investigación, el procedimiento que se desarrolló el estudio y se plasman los datos necesarios a ser evaluados en la presente tesis; el capítulo IV. Análisis y discusión de resultados: se da a conocer la verificación del cumplimiento de los parámetros del diseño geométrico, resultados de la evaluación de la consistencia del diseño geométrico, índices de accidentabilidad y se describe y explica el estado actual de la carretera y la contrastación de la hipótesis; el capítulo V – Conclusiones y recomendaciones: se presentan la discusión de los resultados, las conclusiones y recomendaciones. Adicionalmente se presenta anexos y planos.

1.8. DEFINICIÓN DE VARIABLES.

1.8.1. Variable independiente (VI).

- Elementos geométricos de la carretera la Shita - Atumpata km 00+00 - km 05+00

1.8.2. Variable dependiente (VD).

- Seguridad vial - nominal de la carretera la Shita - Atumpata km 00+00 - km 05+00

1.8.3. Operacionalización de variables.

Tabla 1. 1.

Cuadro de operacionalización de variables.

Tipo de variable	Nombre	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad	Instrumento de medición	Índice
VARIABLE INDEPENDIENTE (X)	ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE LA CARRETERA LA SHITA - ATUMPATA km 00+00 - km 05+00	Determinación de su configuración tridimensional, es decir, ubicación y forma geométrica definida para los elementos de la carretera tanto en el alineamiento horizontal, el alineamiento vertical y los componentes de la sección transversal.	Geometría horizontal	long. curva	m.	wincha	de comparación: - mayor o igual que - menor
				radio	m.	wincha	
				sobreeancho	m.	wincha	
				peralte	%	eclímetro	
				long. trans. peralte	m.	wincha	
				visibilidad	m.	wincha	
				tramos en tangente	m.	wincha	
			Geometría vertical	pendiente	%	eclímetro	de afirmación: - cumple - no cumple
				curva vertical	m.	índice de curvatura K	
			Sección transversal	calzada	m.	wincha	de evaluación gráfica: - porcentaje (%)
				berma	m.	wincha	
				taludes	m.	wincha	
				cunetas y drenaje	m.	wincha	
			Señalización horizontal y vertical	señalización de la carretera	und	inventario	

(...continuación de tabla 1.1)

Tipo de variable	Nombre	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Unidad	Instrumento de medición	Índice
VARIABLE DEPENDIENTE (Y)	SEGURIDAD VIAL – NOMINAL DE LA CARRETERA LA SHITA - ATUMPATA km 00+00 - km 05+00	Acciones orientadas a prevenir, minimizar o evitar los efectos de los accidentes de tránsito, especialmente para la vida y la salud de las personas	Cumplimiento de los elementos geométricos de la carretera con los Parámetros de diseño geométrico.	long. curva	m.	MDCNPBVT	de comparación: - mayor o igual - menor de afirmación: - cumple - no cumple de evaluación gráfica: - porcentaje (%)
				radio	m.		
				sobreancho	m.		
				peralte	%		
				long. trans. peralte	m.		
				visibilidad	m.		
				tramos en tangente	m.		
				pendiente	%		
				curva vertical	m.		
				calzada	m.		
				berma	m.		
			taludes	m.			
			cunetas y drenaje	m.			
			Consistencia geométrica de la carretera	velocidad de operación (V85) estimada en curvas horizontales.	km/h	criterios I y II de Lamm	de calificación: - bueno - tolerable - pobre
velocidades de operación (V85) estimada en tangentes.	km/h						
Indicadores de seguridad vial	índice de peligrosidad	índice	conteo de número de accidentes	de comparación: - mayor o igual - menor			
	índice de peligrosidad con víctimas	índice					
	índice de severidad	índice					
Seguridad vial de la carretera	porcentaje de carretera segura e insegura.	%	tablas de resultados	de evaluación gráfica: - porcentaje (%)			

Fuente: Elaboración propia (2019).

1.8.4. Matriz de consistencia.

Tabla 1. 2.

Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables
¿La carretera La Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 en función a sus elementos de diseño geométrico es segura?	Objetivo general.	La carretera La Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 en función a sus elementos geométricos no es segura.	Independiente
	- Evaluar la seguridad vial de la carretera La Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 en función a sus elementos geométricos.		Elementos geométricos de la carretera la Shita - Atumpata km 00+00 - km 05+00
	Objetivos específicos		Dependiente
	- Realizar el levantamiento topográfico de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00		Seguridad vial – nominal de la carretera la Shita - Atumpata km 00+00 - km 05+00
	- Determinar las características de los elementos geométricos en planta, perfil y sección transversal de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 a través de la información obtenida del levantamiento topográfico.		
	- Comparar las características de los elementos geométricas actuales de la carretera La Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 con los parámetros de diseño establecidos en el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito para determinar si garantizan la seguridad vial.		
- Evaluar la consistencia geométrica de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 a través de la estimación de las velocidades de operación en curvas horizontales y tangentes. - Determinar los índices de accidentabilidad y puntos críticos que existen en la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+000.			

Fuente: Elaboración propia (2019).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS.

2.1.1. Internacionales.

- Garach (2013), realizó la tesis de título “Medida de la Consistencia en Carreteras Convencionales y su Relación con la Seguridad Vial. Aplicación a la Provincia de Granada”. Este estudio abarca el cálculo y análisis de los modelos de consistencia existentes en la literatura como también la relación entre la siniestralidad y los modelos de consistencia, el tratamiento de datos y la metodología seguida fue la obtención de alineaciones en 978 km. Se consideró una muestra de dos tramos al azar de cada categoría, cuyos resultados muestran una consistencia de buena, aceptable y pobre según el criterio global de Polus. Así mismo, concluye que, a partir del cálculo y análisis de distintos modelos de consistencia global, entre ellos el de Polus, se pudo obtener cuatro modelos nuevos para relacionar con los accidentes.

- Sánchez (2011), en su tesis doctoral “Metodología para la Evaluación de la Consistencia del Trazado de Carreteras Interurbanas de dos carriles”, hace mención que el principal objetivo del estudio fue formular una metodología que permita evaluar la consistencia del trazado en carreteras interurbanas de dos carriles, que tengan en cuenta coordinación planta – alzado, cuya metodología planteada se aplicó a tres carreteras de la comunidad de Madrid, y una carretera en Colombia que son representativas de los diferentes tipos de relieve. Su resultado general puede considerarse como satisfactorio, arrojando resultados coherentes en las carreteras estudiadas, permitiendo detectar los sitios donde se presenta inconsistencia, evaluar las causas y facilita el proponer soluciones basándose en un criterio técnico. En su conclusión plantea un método para evaluar la consistencia del trazado considerando el parámetro de perfil de velocidades de operación, índice de trazado y las reparaciones del trazado, cuya relación con la presente tesis es el uso del método propuesto.

- Posada, Cavidad y Castro (2014), en su trabajo “Consistencia en el diseño predicción de la velocidad de operación en carreteras”, presentan en este artículo el concepto de consistencia en el diseño de carreteras y sus diferentes enfoques, mostrando los principales modelos que se han aplicado y que se aplican actualmente según el perfil de velocidad, el cual se basa en la velocidad de operación a la cual se observa que los conductores operan sus vehículos en condiciones de flujo libre a lo largo de la carretera. El presente antecedente contribuyó a en

entender sobre la aplicación de las fórmulas de predicción de velocidades en curvas y tangentes, asimismo sobre la sección de la vía y el perfil de velocidades.

- García, Camacho, Pérez, Moreno y Llorca (2013), proponen "Nuevo proceso de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras", en resumen, pretende revisar el proceso de diseño actual, con el fin de incorporar un nuevo proceso de diseño que permitirá desarrollar carreteras que no solo se ajusten a la normativa, sino que también estén concebidas desde el principio considerando a los conductores para la mejora de la seguridad vial. En este trabajo se ha dado cuenta un nuevo proceso de diseño geométrico donde incorpora el análisis de operación vehicular para obtener unas carreteras más seguras. Además, este estudio se relaciona con la investigación planteada, en conocer los modelos de evaluación de la consistencia del diseño geométrico.

- Barrera, (2012), en su artículo "Parámetros de seguridad vial para el diseño geométrico de carreteras", 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. Nacionales.

- Reinoso (2013), en su trabajo "Análisis de las características geométricas de la ruta PE-06 A en el departamento de Lambayeque con propuesta de solución al empalme PE-1 N en el área metropolitana de Chiclayo", pone en manifiesto la importancia de conocer una realidad de diseño y de transporte, determinando la existencia de elementos geométricos y la correcta disposición de ellos. El objetivo general es, precisamente, conocer las condiciones geométricas de la vía. Las variables independientes son alineamiento horizontal, vertical y seccionamiento transversal. Los resultados están basados en la reglamentación actual y fueron obtenidos por comparación directa. La conclusión relevante a la que llegó esta tesis es que a lo largo de toda la ruta PE-06 A no existían curvas espirales. También que ciertos tramos rectos no cumplían con las distancias mínimas y/o máximas que a ciertas curvas verticales se les podía corregir la velocidad directriz y colocar la señalización para una seguridad ideal.

- Sánchez (2017), en su trabajo “Aplicación del análisis de consistencia como complemento al diseño geométrico para la seguridad vial de la carretera Conococha – Huaraz, tramo km 510+000 al km 570+000 Áncash”, indica que la consistencia del diseño geométrico de una carretera, según diversos autores, es la principal herramienta para el estudio y mejora de la seguridad vial, por lo que resulta importante conocer el concepto y la aplicación de los criterios existentes, que encaminarán al objetivo de lograr una carretera más segura, permitiendo señalar o rectificar zonas críticas de la carretera. La investigación consiste en la verificación del cumplimiento de las recomendaciones y criterios establecidos en la norma peruana de diseño geométrico de la carretera Conococha - Huaraz, ubicada en la región Ancash, para posteriormente realizar la evaluación de la consistencia del diseño geométrico, además identificar zonas críticas y recomendar los modelos de consistencia del diseño geométrico a utilizar en la región Ancash. La evaluación de la consistencia del diseño geométrico que se obtuvo fue de regular a mala.

- Gómez y Quispe (2017), en su trabajo "Evaluación de la seguridad vial - nominal de la carretera Enaco - abra Ccorao de acuerdo a la consistencia del diseño geométrico” tuvo como objetivo determinar la consistencia de diseño y seguridad vial – nominal (que viene dada por el grado de cumplimiento de los criterios y preceptos recogidos en las guías y normativas de diseño, concepto extraído de la Plataforma Tecnológica de la Carretera), de la carretera Enaco - Abra Ccorao. Donde concluyeron que los elementos geométricos inconsistentes o puntos de riesgo que representa el 41.66% de la longitud total de la carretera (seguridad vial – nominal), no están cumpliendo con los parámetros establecidos del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2014.

2.1.3. Locales.

- Gaona (2017), en su trabajo “Evaluación de la seguridad de la carretera Jesús – San Marcos tramo el Carmen – Yuracpirca en función a sus parámetros de diseño” quien para dicha evaluación realizó el reconocimiento y levantamiento topográfico de la carretera; con los datos obtenidos se elaboraron: planos de ubicación, plano clave, plano de planta y perfil, planos de secciones utilizando el programa AutoCAD Civil 3d. Mediante los cuales se pudieron identificar las características geométricas de la vía. Posteriormente, se comparó las características obtenidas con los parámetros de diseño, establecidos en el Manual de Diseño de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. Donde llegó a la conclusión que la mayoría de características de la carretera, no cumplen lo normado, teniendo curvas con un radio

de hasta 7m. Y, de manera general se determinó que el 37.72%, de los cinco kilómetros estudiados, no cumplen con la normativa indicando que la carretera Jesús - San Marcos tramo El Carmen – Yuracpirca en función a los parámetros de diseño, no es segura en un 62.28%.

- Ortiz (2018), en su trabajo “Evaluación de la seguridad vial de la carretera Cajamarca – Otuzco en función a sus parámetros de diseño” que llega a la conclusión que la carretera Cajamarca - Otuzco es insegura y pone en riesgo la vida de los usuarios que transitan por ella. Indicando que la distancia de visibilidad de paso no cumple en un 89%, los radios mínimos no cumplen en un 41%, los peraltes en las curvas horizontales no cumplen en un 81%, los sobrecanchos necesarios no cumplen en 62.50%, el ancho mínimo de calzada cumple en 79%, el ancho mínimo de berma no cumple en todo el tramo en estudio y con la deficiente señalización se suman más factores de riesgo, que afectan la seguridad vial de la carretera.

- Villacorta (2018), en su trabajo “Los accidentes de tránsito y su relación con las características geométricas de la av. héroes del Cenepa desde la av. independencia hasta la av. vía de evitamiento sur en la ciudad de Cajamarca” determinó los puntos críticos de accidentabilidad, procediendo luego a realizar un análisis estadístico de la vía indicando el tipo de accidente y su causa, se evaluó el riesgo de accidentes severos, de acuerdo a este estudio, se obtuvo que el factor de mayor incidencia para la causalidad de accidentes de tránsito en esta vía es el factor vía y entorno, con un 75%, de los cuales la mayor cantidad de ellos son por su elevada pendiente.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Seguridad vial.

La seguridad vial está basada en normas y sistemas con las que se disminuyen las posibilidades de averías, choques y sus consecuencias; su objetivo primordial es proteger a las personas y bienes, mediante la eliminación o control de los factores de riesgo los cuales le permitan reducir la cantidad y severidad de los siniestros de tránsito. Todo individuo que transite o se transporte son protagonistas de la consecución de la seguridad vial del tránsito, que es asunto de todos no de una sola persona. Seguridad vial es la movilización, el desplazamiento libre y exento de todo daño en la vía pública. (Pérez y Lastre 2014).

2.2.1.1. Seguridad en el trazado de la carretera.

Según Bañón (s.f.) otro de los factores que también se halla íntimamente ligado a la calidad que ofrece una determinada vía es el nivel de seguridad que ofrece a sus usuarios. No debe restringirse el concepto de seguridad a la idea de un conjunto de elementos destinados a impedir o aminorar las consecuencias de un impacto; una carretera segura debe poseer unas características geométricas tales que eviten en la medida de lo posible la generación de accidentes.

La seguridad y la comodidad son dos factores íntimamente relacionados; por lo general, una conducción cómoda suele ser sinónimo de una conducción segura, y muchos de los parámetros descritos a continuación bien podrían aplicarse al anterior apartado. Los factores que tienen una mayor influencia sobre la seguridad de la vía y que dependen en parte de su geometría son los siguientes:

a. Visibilidad. - Una correcta visibilidad del tramo de vía que el conductor recorrerá en los próximos segundos aumentará el grado de seguridad del mismo, al poder prever con cierto tiempo las maniobras a realizar ante las circunstancias existentes. Existen determinados puntos críticos –como los cambios de rasante y las curvas- donde es necesario realizar estudios especiales de visibilidad.

b. Variación armónica del trazado. - La disposición geométrica de la vía debe ser estudiada de forma que no se produzcan excesivos contrastes entre el trazado de dos tramos consecutivos. Debe limitarse la longitud de las rectas –tramos que no suelen requerir la intervención del conductor- para no crear una sensación de monotonía y relajación en el propio usuario. De igual manera, han de procurarse variaciones no muy grandes entre los radios de dos alineaciones consecutivas, o emplear curvas de transición para su enlace. De esta forma, el conductor no se verá obligado a efectuar maniobras bruscas y repentinas, que acarrearán un mayor riesgo de accidente.

c. Sección transversal adecuada. - Una adecuada anchura de los distintos elementos que conforman la vía –carriles, arcenes o medianas- no sólo aumentan su capacidad, sino que también elevan el grado de seguridad de la misma. En determinadas zonas de la calzada –curvas principalmente- es necesario aumentar ligeramente la anchura de los carriles para que el vehículo pueda efectuar el giro con mayor comodidad y seguridad. A este ensanchamiento gradual del carril se le denomina sobreancho.

d. Evacuación de las aguas pluviales. - El coeficiente de resistencia al deslizamiento neumático-firme se ve drásticamente reducido por la presencia de agua, con la consiguiente merma de las condiciones de seguridad en la vía. La solución de este problema pasa por el diseño de un dispositivo que permita la rápida evacuación del agua que pueda caer sobre el firme: el sistema de drenaje.

La base del sistema de drenaje de un firme se halla en la ligera inclinación transversal con la que se le dota, denominada bombeo, y que permite que el agua que cae sobre el firme escurra hacia los flancos de la vía, donde es recogida por canales de sección trapecial denominados cunetas.

Uno de los principales problemas que posee el transporte por carretera es el alto grado de siniestralidad, sin duda debido a su alta popularidad, a la heterogeneidad de sus usuarios –tanto conductores como vehículos- y a la escasa profesionalización existente entre los conductores, lo que provoca actitudes irresponsables, como la ingestión de alcohol o la conducción ininterrumpida durante largos períodos de tiempo.

Por todo ello, el trazado de carreteras debe estar especialmente estudiado para reducir a su mínima expresión el riesgo de accidentes. Lo que no debe permitirse bajo ningún concepto es que el trazado o cualquier otro componente intrínseco de la vía sea el causante directo de siquiera un solo accidente.

2.2.1.2. Comodidad en el trazado de la carretera.

Para Bañón (s.f.) la comodidad experimentada por el conductor de un vehículo es uno de los aspectos que refleja la calidad que ofrece la vía por la que circula. El trazado de una carretera influye en algunos de los factores que definen la comodidad, a saber:

a. Velocidad. - La velocidad de circulación de los vehículos por una determinada vía está condicionada por su trazado. Este hecho se hace patente en ciertos puntos críticos, como las curvas, donde la geometría de la vía –radio y peralte de la curva limita la máxima velocidad a la que se puede transitar por ella, reduciendo en algunos casos la velocidad de un determinado porcentaje de vehículos y, por tanto, su nivel de comodidad.

b. Transiciones. - Las curvas de transición juegan un papel importante a la hora de efectuar un aumento progresivo, no repentino, de la fuerza centrífuga que tiende a desplazar el vehículo hacia

el exterior de la curva. De este modo, el conductor puede adaptar con mayor facilidad el vehículo a la nueva situación, aumentando su confort.

c. Demoras. - Para evitar el colapso o la reducción de velocidad de un cierto número de vehículos en determinados tramos, deben preverse trazados en los que los vehículos más rápidos dispongan de suficiente visibilidad y distancia como para efectuar el adelantamiento sobre otros más lentos.

En circunstancias especiales, como en tramos con fuerte pendiente ascendente, es recomendable habilitar vías lentas de uso obligatorio para vehículos que no superen una determinada velocidad.

Todos estos factores, junto con otros muchos, se engloban en el nivel de servicio, indicador fundamental de la calidad de la vía. El grado de comodidad se identifica fielmente con el nivel de servicio, al mostrarnos este último la libertad de movimiento de la que disponen los conductores en función de la densidad de tráfico existente.

2.2.1.3. Seguridad vial y accidentes de tránsito.

A partir de la década de los ochenta, la evaluación del comportamiento de las carreteras con relación a la seguridad vial se ha convertido en una práctica internacional. Se han identificado diferentes enfoques o criterios para la modelación estadística de la accidentalidad. Internacionalmente los modelos de mayor uso en la evaluación de la seguridad vial son los modelos de predicción de accidentes, las auditorías de seguridad vial y el análisis de consistencia del trazado. (Sánchez, 2017).

a. Seguridad vial.

García et al. (2013) mencionan que la seguridad vial es uno de los objetivos del diseño más importantes. Gran parte del contenido de normas y recomendaciones se centran en este aspecto, por lo que también debe recibir una atención especial en el proceso de diseño. Según lo propuesto por García et al. (2011) las formas de medir el grado de cumplimiento de la seguridad vial se les denomina dimensiones de la seguridad vial, existiendo cuatro posibles dimensiones que son:

- **Seguridad nominal.** - Viene dada por el grado de cumplimiento de los criterios y preceptos recogidos en las guías y normativas de diseño.

La medida de la seguridad nominal es simplemente una comparación de las dimensiones de los elementos de diseño (ancho de carril, ancho de banquetas, la distancia visual, etc.) con los criterios de diseño adoptados. Es un "Sí - No"; una característica de diseño Sí cumple, o No cumple, con los criterios o rangos mínimos. Así, los caminos proyectados y construidos para satisfacer al menos los criterios mínimos de diseño pueden denominarse "nominalmente seguros". Una Excepción de Diseño es aceptar una condición que no cumple con la seguridad nominal.

En la presente tesis se utilizó la evaluación de la seguridad vial – nominal conforme a los parámetros establecidos por la normatividad peruana, y herramientas de ingeniería.

- **Seguridad legal.** -Es una parte constituyente de la seguridad nominal. Deja en el ámbito exclusivo del conductor la responsabilidad de la siniestralidad debida a una infraestructura con limitaciones. El cumplimiento de determinados preceptos legales no tiene por qué garantizar ningún nivel concreto de seguridad vial, ya que muchos de ellos están establecidos para limitar las repercusiones económicas.

- **Seguridad sustantiva.** - Al contrario que las anteriores, está relacionada con la siniestralidad y no con la adaptación a la normativa de la solución proporcionada. Así pues, está asociada a la cantidad de accidentes y a su gravedad. Mediante la consideración de esta dimensión de la seguridad, es posible llevar a cabo una estimación del impacto que un determinado diseño viario o actuación de mejora puede tener sobre la siniestralidad, empleando diversos métodos previamente calibrados. Esta dimensión presenta un carácter continuo, en el que se podrá estimar el impacto que la alteración de un factor del diseño tiene sobre la siniestralidad.

- **Seguridad real.** - Viene determinada por la siniestralidad que se produce en una red viaria en explotación. Su análisis debe alimentar la búsqueda de soluciones locales efectivas; pero su investigación conjunta y rigurosa mejora el conocimiento de seguridad, para propiciar una seguridad sustantiva más eficiente.

b. Accidente de tránsito.

El autor Espinales (2011) hace referencia que la definición de accidente de tránsito es la cadena de eventos desafortunados en la que interactúan los tres elementos del sistema (hombre, vehículo y entorno) en sus tres etapas de desarrollo (antes, durante y después). También hace

mención que según Ogden (1996) lo define como un evento multicausal precedido por una situación en la cual algo ha fallado. En la actualidad, todos los investigadores del problema coinciden en que son eventos aleatorios con múltiples causas, una parte de naturaleza determinística (controlable y por lo tanto es posible actuar sobre ella) y otra estocástica (al azar y por lo tanto incontrolable).

2.2.1.4. Determinación de factores de riesgo.

Las situaciones que pueden incrementar el riesgo de accidentes y pueden mejorarse mediante medidas correctoras de Ingeniería de Tránsito, están asociadas a uno o varios de los siguientes elementos, (Alba, 2008):

- Diseño geométrico
- Tránsito
- Dotaciones viales

a. Diseño geométrico. - El diseño geométrico es la parte más importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, pues allí se determina su configuración tridimensional, es decir, la ubicación y la forma geométrica definida para los elementos de la carretera; de manera que ésta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. (Cárdenas, 2002).

Para realizar cualquier estudio sobre seguridad se deben analizar todos los elementos en que se divide el diseño (planta, perfil y sección transversal) para concebir una carretera completa y funcional, que cumpla los objetivos de seguridad vial y comodidad para los usuarios y compatibilidad con el medio ambiente, el efecto del diseño geométrico depende de su contexto y es determinante en la seguridad vial. Un diseño geométrico consistente armoniza con las expectativas de los conductores. La calzada, paseos, taludes y contra taludes, cunetas de drenaje, pertenecen a la sección transversal de la vía e inciden en la seguridad, pues sus dimensiones están asociadas al diseño esperado para una circulación vehicular segura. La evaluación del estado en el que se encuentren las partes componentes del diseño geométrico de la vía es muy importante pues permite la identificación de los factores de riesgo que puedan originar accidentes. (Alba, 2008).

b. Tránsito. - Conocer el tráfico que ha de soportar una carretera es dato fundamental para proyectarla y valorar su seguridad. Es necesario conocer el número total de vehículos, los tipos que circulan, distribución en el tiempo y su factor de crecimiento anual; no solo para determinar la sección transversal; sino también las pendientes longitudinales máximas admisibles, la magnitud de las capas que conforman poseer la estructura del pavimento, entre otras cuestiones. La obtención del porcentaje para los diferentes tipos de vehículos que tienen una participación significativa en la accidentalidad permitirá tomar medidas correctoras para elevar los niveles de seguridad relacionadas con el vehículo. (Alba, 2008).

c. Dotaciones viales. - Pertenecen a este elemento la señalización horizontal y vertical de la vía, los que tienen un importante papel en la seguridad de una carretera, su mantenimiento y conservación para que sean claras y legibles, así como la iluminación que debe existir en las intersecciones, además de las defensas, son elementos importantes para la seguridad. (Alba, 2008).

Estos tres elementos: diseño geométrico, tránsito y dotaciones viales, influyen en la velocidad de operación que elige el conductor en diferentes momentos cuando circula por una carretera, siendo la velocidad un factor de riesgo para la ocurrencia de accidentes, hoy en el mundo son analizados los perfiles de velocidad de operación que desarrollan los vehículos en los tramos más peligrosos, para evaluar las características geométricas de su diseño. (Alba, 2008).

2.2.2. Indicadores de seguridad vial.

A continuación, se presenta las definiciones de los indicadores de mayor utilización que permiten medir el peligro de una carretera considerando el número de accidentes y el volumen de vehículos que circulan por un determinado tramo de carretera. (Manual de Planeación y diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte, 2005).

- **IPat:** (Índice de peligrosidad de accidentes totales). Relaciona el número total de accidentes registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$IPat = \frac{N \cdot 10^6}{IMD \cdot t \cdot L} \dots\dots\dots(Ec. 2.1)$$

Los puntos críticos de la vía son cuando el Ipat es mayor o igual a 1.5.

- **IPav:** (Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas). Relaciona el número de accidentes con víctimas registrados en un año de tiempo con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$IPav = \frac{10^6 \cdot N_v}{IMD \cdot t \cdot L} \dots\dots\dots(Ec. 2.2)$$

Los puntos críticos de la vía son cuando el IPav es mayor o igual a 1.0

- **IS:** (Índice de severidad). Relaciona el número equivalente de accidentes de tránsito registrados en un año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía.

$$IS = \frac{(AF \cdot 18 + AS \cdot 2 + Asimp) \cdot 10^6}{IMD \cdot t \cdot L} \dots\dots\dots(Ec. 2.3)$$

Los puntos críticos de la vía son cuando el Is es mayor o igual 5

Dónde:

- N : número de accidentes.
- Nv : (número de accidentes con víctimas).
- T : periodo de tiempo en días.
- IMD : Tráfico promedio diario (Veh/día).
- L : Longitud del tramo (Km).
- AF : Accidentes fatales.
- AS : Accidentes serios.
- Asimp : Accidentes simples.

- **Sitios críticos.** Los sitios críticos o de alta concentración de accidentes son aquellos puntos donde se generan o se esperan un número elevado de colisiones en comparación con otros sitios de condiciones similares, en estos puntos usualmente se concentran la mayor cantidad de muertos y lesionados graves. Un punto crítico de accidentalidad en carreteras es aquel donde los índices de peligrosidad y de severidad, así como las frecuencias de mortalidad y morbilidad, presentan valores elevados (Manepalli, 2009).

2.2.3. 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, 2008).

2.2.4. Clasificación de la carretera.

La clasificación de carreteras y tipos de obras, se aplican para el diseño de carreteras con superficie de rodadura de material granular, esta clasificación corresponde a lo que establece el MDCNPBVT (2005), como sigue.

2.2.4.1. Clasificación por su función.

- Carreteras de la Red Vial Nacional.
- Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional.
- Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural.

2.2.4.2. Clasificación por el tipo de relieve y clima.

Carreteras en terrenos planos, ondulados, accidentados y muy accidentados. Se ubican indistintamente en la costa (poca lluvia), sierra (lluvia moderada) y selva (muy lluviosa). (MDCNPBVT, 2005).

2.2.5. Levantamiento topográfico.

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área de estudio (Casanova, 2002).

El levantamiento topográfico puede hacerse usualmente en dos formas alternativas. La más común resulta ser el levantamiento ejecutado en una estrecha franja del territorio, a lo largo de la localización proyectada para la carretera y su derecho de vía. La alternativa es hacer levantamientos topográficos sobre un área más amplia que permitirá el estudio en gabinete de variantes en el trazo para optimizar el diseño y minimizar los costos. (MDCNPBVT, 2005).

- Métodos para realizar levantamientos topográficos de carreteras.

Para el trazo de carreteras, se tiene en cuenta dos métodos:

A. Método de las Secciones Transversales o Trazo Directo. - El trazo directo se prefiere para el trazo de carreteras que se encuentren en llanuras y en regiones onduladas, en la que sea fácil lograr directamente una poligonal que se aproxime con el eje de la futura carretera.

B. Método Taquimétrico Topográfico o Trazo Indirecto. - El trazo indirecto es el método general referido al levantamiento del plano a curvas de nivel. Éste método se prefiere para el trazo de carreteras en terrenos accidentados.

2.2.6. Topografía.

La topografía del terreno se la puede clasificar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 2.1.

Tipo de topografía en función a la inclinación del terreno respecto a la horizontal.

TIPO DE TERRENO RESPECTO DE LA HORIZONTAL	TIPO DE TOPOGRAFIA
00 % a 10%	Tipo 1
10% a 50%	Tipo 2
50% a 100%	Tipo 3
Más de 100%	Tipo 4

Fuente: MTC - DG (2001).

2.2.7. Diseño geométrico de la vía.

Proceso de correlacionar los elementos físicos de la vía con las condiciones de operación de los vehículos, y las características del terreno. (Chocontá, 1998).

2.2.7.1. Alineamiento horizontal.

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz 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 directriz. La velocidad directriz, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse el empleo de curvas con radio mínimo. En general, se tratará de usar curvas de radio amplio reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas. No se requiere curva horizontal para pequeños ángulos de deflexión. En la tabla siguiente se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal. (MDCNPBVT, 2005).

Tabla 2.2.

Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal.

VELOCIDAD DIRECTRIZ KM/H	DEFLEXIÓN MÁXIMA ACEPTABLE SIN CURVA CIRCULAR
30	2° 30'
40	2° 15'
50	1° 50'
60	1° 30'

Fuente: MDCNPVBT (2005).

Para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en la tabla anterior, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad directriz es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente expresión $L = 3V$ (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en km/hora).

En el caso de ángulos de deflexión (Δ) pequeños, iguales a 5° , los radios deberán ser suficiente grandes para proporcionar la longitud de curva mínima l obtenida con la fórmula siguiente:

$$l > 30(10 - \Delta), \Delta \leq 5^\circ \text{ (L en metros; } \Delta \text{ en grados).}$$

- **Curvas horizontales.**

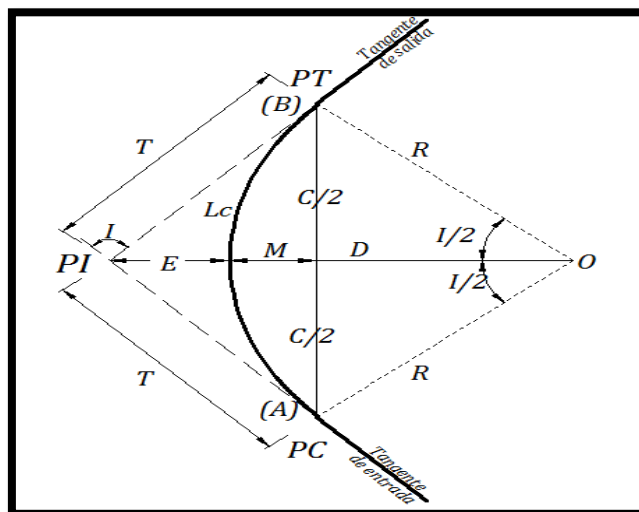


Figura 2.1. Elementos de una curva simple.

Fuente: MDCNPVBT (2005).

Donde:

PC: Punto de inicio de curva

PI: Punto de Intersección

PT: Punto de tangencia

E: Distancia a externa (m)

M: Distancia de la ordenada media (m)

R: Longitud de Radio de curvatura

T: Longitud de Sub tangente (P.C. a P.I. y P.I a P.T.) (m)

LC: Longitud de curvatura (m)

C: Longitud de cuerda (m)

I: Angulo de deflexión

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

Tabla 2.3.

Elementos de curvas horizontales simples.

ELEMENTO	SÍMBOLO	FÓRMULA
Tangente	T	$T = R \tan (I / 2)$
Longitud de curva	LC	$LC = 2\pi R I / 360$
Cuerda	C	$C = 2 R \text{ Sen } (I / 2)$
Externa	E	$E = R [\text{Sec } (I / 2) - 1]$
Distancia de la ordenada media	M	$F = R [1 - \text{Cos } (I / 2)]$

Fuente: MTC - DG (2001).

• **Curvas compuestas.**

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva. En casos excepcionales podrán usarse curvas compuestas o curvas policéntricas de tres centros. En tal caso, el radio de una no será mayor que 1.5 veces el radio de la otra.

2.2.7.2 Alineamiento vertical.

En el diseño vertical, el perfil longitudinal conforma la rasante, la misma que está constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos a los cuales dichas rectas son tangentes. Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten conformar una transición entre pendientes de distinta magnitud, eliminando el quiebre brusco de la rasante. El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas. (MDCNPBVT, 2005).

- **Curvas verticales.**

Los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas. Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el índice de curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual al índice K multiplicado por el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A). (MDCNPBVT, 2005).

$$L = KA \dots \dots \dots \text{ (Ec. 2.4)}$$

Tabla 2. 4.

Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.

Velocidad directriz Km/h	Longitud controlada por visibilidad de frenado		Longitud controlada por visibilidad de adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado m.	índice de curvatura K	Distancia de visibilidad adelantamiento	índice de curvatura K
20	20	0.6	-	-
30	35	1.9	-0.2	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195

Fuente: MDCNPBVT (2005).

Tabla 2.5.

Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

VELOCIDAD DIRECTRIZ km /h	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE FRENADO ÍNDICE DE CURVATURA m	k
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3

Fuente: MDCNPBVT (2005).

2.2.7.3. Secciones transversales.

Las secciones transversales del terreno natural estarán referidas al eje de la carretera. El espaciamiento entre secciones no deberá ser mayor de 20 m en tramos en tangente y de 10 m en tramos de curvas con radios inferiores a 100 m. En caso de quiebres, en la topografía se tomarán secciones adicionales en los puntos de quiebre. (MDCNPBVT, 2005).

- Derecho de vía o faja de dominio.

El Derecho de Vía es la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. Dentro del ámbito del Derecho de Vía, se prohíbe la colocación de publicidad comercial exterior, en preservación de la seguridad vial y del medio ambiente. (MDCNPBVT, 2005).

- Dimensionamiento del ancho mínimo del derecho de vía para caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.

El ancho mínimo debe considerar la Clasificación Funcional del Camino, en concordancia con las especificaciones establecidas por el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito, que fijan las siguientes dimensiones:

Tabla 2. 6.

Ancho del derecho de vía.

DESCRIPCIÓN	ANCHO MÍNIMO
Carreteras de la Red Vial Nacional	15 m
Carreteras de la Red Vial Departamentales o Regional	15 m
Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural	15 m

* 7.50 m a cada lado del eje.

Fuente: MDCNPBVT (2005).

2.2.8. Parámetros de diseño.

a. Velocidad de diseño y su relación con el costo de la carretera.

La selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico- económico de alternativas de trazado, que deberán tener en cuenta la orografía del territorio. En territorios planos el trazado puede aceptar altas velocidades a bajo costo de construcción; pero en territorios muy accidentados será muy costoso mantener una velocidad alta de diseño, porque

habría que realizar obras muy costosas para mantener un trazo seguro. Lo que solo podría justificarse si los volúmenes de la demanda de tránsito fueran muy altos.

En el particular caso de este Manual destinado al diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito, es natural en consecuencia, que el diseño se adapte en lo posible a las inflexiones del territorio y particularmente la velocidad de diseño deberá ser bastante baja cuando se trate de sectores o tramos de orografía más accidentada. (MDCNPBVT, 2005).

b. Radios de diseño.

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y el factor máximo de fricción seleccionados para una velocidad directriz. El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión MDCNPBVT (2005):

$$R_{min} = V^2 / 127 (0.01 e_{max} + f_{max}) \dots\dots\dots (Ec. 2.5)$$

Donde:

Rmin = Radio Mínimo en metros.

V = Velocidad de Diseño en Km./h.

e_{max} = Peralte máximo de la curva en valor decimal.

f_{max} = Factor máximo de fricción.

Tabla 2.7.

Fricción transversal máxima en curvas.

Velocidad directriz (km/h)	F
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15
70	0.14
80	0.14

Fuente: MDCNPBVT (2005).

En la tabla 2.7 se muestran los valores de radios mínimos y peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz. En esta misma tabla se muestran los valores de la fricción transversal máxima.

Tabla 2.8.

Radios mínimos y peraltes máximos.

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción $f_{máx}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.0	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Fuente: MDCNPBVT (2005).

c. Calzada.

El diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico $IMD < 50$, la calzada podrá estar dimensionada por un solo carril con un ancho mínimo de 3.50 m. de calzada; pero es preferible dotarle de un mayor ancho, siempre que la topografía del terreno lo permita. (MDCNPBVT, 2005).

Tabla 2.9.

Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente.

Tráfico IMDA	<15	16 a 50		51 a 100		101 a 200	
Velocidad km/h	*	*	**	*	**	*	**
25	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

* Calzada de un sólo carril, con plazoleta de cruce y/o adelantamiento.

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

Fuente: MDCNPBVT (2005).

d. Bermas.

A cada lado de la calzada se proveerán bermas con un ancho mínimo de 0.50 m. Este ancho deberá permanecer libre de todo obstáculo incluyendo señales y guardavías. Cuando se coloque guardavías se construirá un sobre ancho mínimo de 0.50 m. En los tramos en tangentes las bermas tendrán una pendiente de 4% hacia el exterior de la plataforma. La berma situada en el lado inferior del peralte seguirá la inclinación de este cuando su valor sea superior a 4%. En caso contrario la inclinación de la berma será igual al 4%. La berma situada en la parte superior del peralte tendrá en lo posible una inclinación en sentido contrario al peralte igual a 4%, de modo que escurra hacia la cuneta. (MDCNPBVT, 2005).

e. Plazoletas de estacionamiento.

En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito, se construirán ensanches en la plataforma, aproximadamente cada 500 m. como mínimo, para que puedan cruzarse los vehículos opuestos, o adelantar los del mismo sentido. Plazoletas de dimensiones mínimas de 3.00 x 30.00 m. (MDCNPBVT, 2005).

f. Pendientes.

La pendiente es la relación en porcentaje del desnivel entre dos puntos y su distancia horizontal. En los tramos en corte se evitará preferiblemente el empleo de pendientes menores a 0.5%. Podrá hacerse uso de rasantes horizontales en los casos en que las cunetas adyacentes puedan ser dotadas de la pendiente necesaria para garantizar el drenaje y la calzada cuente con un bombeo igual o superior a 2%. (MDCNPBVT, 2005).

Tabla 2.10.

Pendientes máximas normales.

Velocidad de diseño	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Fuente: MDCNPBVT (2005).

g. Distancia de visibilidad.

En carreteras de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia deberá ser por lo menos dos veces la correspondiente a la visibilidad de parada (Dp). (MDCNPBVT, 2005).

h. Distancia de visibilidad en curvas horizontales.

La distancia de visibilidad en el interior de las curvas horizontales es un elemento del diseño del alineamiento horizontal. Cuando hay obstrucciones a la visibilidad en el lado interno de una curva horizontal (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales), se requiere un ajuste en el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la obstrucción no puede ser removida. (MDCNPBVT, 2005). De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será, por lo menos, igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva. El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad, será calculado por la expresión siguiente:

$$M = R \left(1 - \cos \frac{28.65S}{R} \right) \dots\dots\dots (\text{Ec. 2.6})$$

M = Ordenada media o ancho mínimo libre

R = Radio de la curva horizontal

S = Distancia de visibilidad

MDCNPBVT (2005).

i. Banquetas de visibilidad.

Obra de estabilización de taludes consistente en la construcción de una o más terrazas sucesivas en el talud. También se usa el término banquetta para construir una terraza en el talud alledaño

al camino destinada a que se cumpla el requisito de la distancia mínima de visibilidad de parada del vehículo.

Cuando en una curva horizontal, sea esta circular o provista de espiral de transición, no se cumple con el requisito mínimo de visibilidad, es decir que en determinada sección no se puede establecer la existencia de distancia de visibilidad de parada en el eje de la vía interior de circulación, que es el caso más desfavorable, el procedimiento para hacer que ésta exigencia se cumpla, consiste en la construcción de una banqueta de visibilidad, que es simplemente un mayor corte del talud interior de la curva, que permitirá ampliar la visibilidad en la curva.

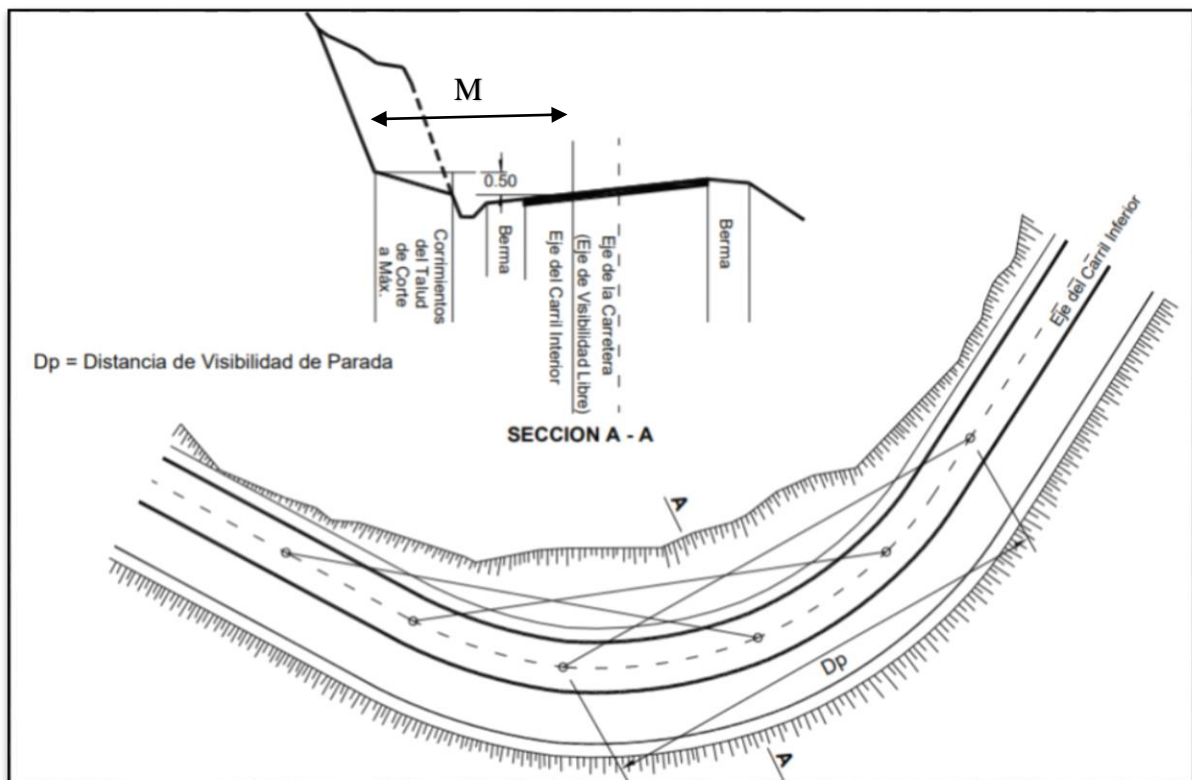


Figura 2.2. Visibilidad en curva horizontal.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (DG, 2018).

j. Cunetas.

Las cunetas tendrán en general sección triangular y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte. (MDCNPBVT, 2005).

Tabla 2.11.

Dimensiones mínimas de las cunetas.

Región	Profundidad (M)	Ancho (M)
seca	0.20	0.50
lluviosa	0.30	0.75
muy lluviosa	0.40	1.00

Fuente: MDCNPBVT (2005).

k. Bombeo.

Las carreteras no pavimentadas estarán provistas de bombeo con valores entre 2% y 3%. En los tramos en curva, el bombeo será sustituido por el peralte. En las carreteras de bajo volumen de tránsito con IMDA inferior a 200 veh/día se puede sustituir el bombeo por una inclinación transversal de la superficie de rodadura de 2.5% á 3% hacia uno de los lados de la calzada. (MDCNPBVT, 2005).

l. Peraltes.

Se denomina peralte a la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas. El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%. (MDCNPBVT, 2005).

Tabla 2.12.

Valores de peralte máximo.

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

Fuente: MDCNPBVT (2005).

m. Longitud de transición.

La variación de la inclinación de la sección transversal desde la sección con bombeo normal en el tramo recto hasta la sección con el peralte pleno, se desarrolla en una longitud de vía denominada transición. La longitud de transición del bombeo en aquella en la que gradualmente se desvanece el bombeo adverso. Se denomina Longitud de Transición de Peralte a aquella

longitud en la que la inclinación de la sección gradualmente varía desde el punto en que se ha desvanecido totalmente el bombeo adverso hasta que la inclinación corresponde a la del peralte. (MDCNPBVT, 2005).

Tabla 2.13.

Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte.

Velocidad directriz	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
Longitud de transición de peralte (m)*							
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12
70	13	26	39	52	66	79	13
80	14	29	43	58	72	86	14

Fuente: MDCNPBVT (2005).

n. Sobreancho.

La fórmula de cálculo está dada por el Manual DG-2001 y recomendada por la AASHTO:

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 + L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{n}} \dots \dots \dots (Ec. 2.7)$$

Donde:

- N: número de carriles.
- R: radio de la curva (m)
- L: distancia entre el eje posterior y parte frontal (m)
- V: velocidad directriz (Km. /h.)

o. Taludes.

Se realizará una evaluación general de la estabilidad de los taludes existentes; se identificará los taludes críticos o susceptibles de inestabilidad, en este caso (se determinarán en lo posible, considerando los parámetros obtenidos de ensayos y cálculos o tomando en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes in situ y/o ejecutados en rocas o suelos de naturaleza y características geológicas, geotécnicas similares que se mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes) determinará la inclinación de los taludes definiendo la relación H: V de diseño. (MDCNPBVT, 2005).

Tabla 2.14.
Taludes de corte.

Clase de terreno	Taludes de corte		
	Talud (v : h)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Roca fija	10:01	(*)	(*)
Roca suelta	6 : 1 - 4 : 1	(*)	(*)
Conglomerados sementados	04:01	(*)	(*)
Suelos consolidados compactos	04:01	(*)	(*)
Conglomerados comunes	03:01	(*)	(*)
Tierra compacta	2 : 1 - 1 : 1	(*)	(*)
Tierra suelta	01:01	(*)	(*)
Arenas sueltas	01:02	(*)	(*)
Zonas blandas con abundante arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	1:2 hasta 1:3	(*)	(*)

(*) Requiere banqueta o análisis de estabilidad

Fuente: MDCNPBVT (2005).

Tabla 2.15.
Taludes de relleno.

Materiales	Taludes de relleno		
	Talud (v : h)		
	H < 5	5 < H < 10	H > 10
Enrocado	1 : 1	(*)	(*)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1 : 1.5	(*)	(*)
Arena compacta	1 : 2	(*)	(*)

(*) Requiere Banqueta o análisis de estabilidad

Fuente: MDCNPBVT (2005).

2.2.9. Consistencia del diseño geométrico.

2.2.9.1. Concepto de consistencia.

a. Definición.

Echaveguren y Sáez (2001) mencionan que en términos genéricos se define como “la condición bajo la cual una vía se encuentra en armonía con las expectativas de los conductores”. En la medida que reduzcan las inconsistencias, se avanzará hacia la armonización del diseño y lo que el conductor espera de él, reduciendo por consiguiente la probabilidad de ocurrencia de accidentes. Concepto que fue introducido por los autores Irizarry y Krammes (1998) y Lamm et al. (1995).

También Wooldridge et al. (2003) citado por García et al. (2013) menciona: se define consistencia del diseño geométrico al grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento que permite la vía. Mientras estos dos aspectos concuerden, el usuario podrá mantener su carga de trabajo media-reducida, sin variaciones bruscas, y no habrá problemas. Sin embargo, en el momento en el cual la vía presente un cambio súbito en su comportamiento, que no se adapte a las expectativas, supondrá una sorpresa y por lo tanto un aumento subido de la carga trabajo. En función del grado de discordancia habrá más o menos probabilidad de sufrir un accidente.

Según Pérez, Camacho y García (2011) estas expectativas pueden dividirse en dos categorías distintas:

- **Expectativas a priori.** El conductor basa su criterio de decisión en la experiencia acumulada tras conducir por otras carreteras anteriormente. Para cumplir con estas expectativas, en la carretera debe cumplirse una relación directa entre el tipo de vía y la geometría y las dotaciones que presenta. De esta forma, por ejemplo, un conductor espera que una carretera convencional se comporte de forma diferente a una autopista o autovía.

- **Experiencia ad hoc.** El conductor adquiere experiencia a partir de la percepción de las características del itinerario a medida que es recorrido. A medida que un conductor recorre un tramo de carretera espera que, en los siguientes kilómetros, la carretera se comporte de forma similar. De este modo, un diseño será consistente cuando los elementos geométricos que lo componen y su coordinación impliquen una conducción cómoda y libre de sorpresas. El cumplimiento de las diferentes normativas no asegura que la carretera diseñada sea consistente.

b. Expectativas del conductor.

Las expectativas del conductor pueden definirse como el conjunto de opciones de acción respecto de una situación dada y que pueden responder a situaciones, sucesos e información en forma predecible y exitosa. Las opciones son subjetivas, y se basan en sucesos aprendidos y experimentados. Están asociadas a todos los aspectos de la tarea de conducción: configuración geométrica, operación y reglas del tránsito que son obedecidas y/o violadas que llevan al aumento del tiempo de reacción, crean confusión, respuestas inapropiadas y errores de conducción. Los conductores tienden a anticipar situaciones inmediatas y eventos que son comunes a la vía por donde circulan, en ausencia de avisos asumen que solo tienen que reaccionar a situaciones estándar y experimentan problemas en áreas de transición o en lugares con inconsistencia de diseño u operación. Mientras más predecible son las características de la vía menos probabilidad de que ocurra un error de conducción (Word Road Association, 2013). (Espinales, 2011).

En virtud de éstas expectativas, los ingenieros tienen la obligación de diseñar una vía acorde a la situación geográfica, ambiental y con las seguridades viales aconsejadas por la técnica a fin de que el conductor pueda recorrerla sin enfrentarse a situaciones extremas o incómodas y donde sus maniobras puedan ser anticipadas y evitar riesgos innecesarios, logrando una relación armónica entre el conjunto conductor/vehículo, la vía y el entorno inmediato a ella. (Velez, 2011).

c. Evaluación de la consistencia del diseño geométrico.

Según (Sánchez, 2017) para la evaluación de la consistencia del diseño geométrico se viene realizando estudios por diferentes investigadores internacionales desde los años setenta, como un complemento de mejora para la seguridad vial. Dichos estudios vienen relacionando la consistencia de la vía con los accidentes ocurridos, donde se ha tenido avances importantes en la propuesta de varios métodos de evaluación, que cuentan con diferentes metodologías que al pasar el tiempo se vienen afinando y complementando según el criterio de cada investigador, donde una considerable cantidad de literatura científica ha sido publicada hasta la actualidad.

- Criterios de evaluación basados en la velocidad de operación

En este estudio al igual que en investigaciones pasadas, según Pérez et al. (2011) este criterio es una de las técnicas más utilizadas para la evaluación de la consistencia consiste en el análisis de las variaciones de la velocidad de operación (V_{85}) entre elementos geométricos consecutivos.

La velocidad de operación se define comúnmente como el percentil 85 de la distribución de velocidades obtenida de vehículos circulando en condiciones de flujo libre en un tramo de carretera.

La reducción de velocidad de operación entre elementos consecutivos (ΔV_{85}) es un fenómeno muy relacionado con la siniestralidad (las transiciones recta-curva son localizaciones que pueden conllevar siniestralidad asociada), considerándose también una medida de consistencia. De hecho, se estima que más del 50% del total de las muertes en carreteras convencionales se producen en las secciones curvas (Lamm et al., 1992). Asimismo, puede utilizarse esta magnitud de la velocidad en la evaluación de la consistencia examinando diferencias entre la velocidad de diseño (V_d) y la V_{85} .

Como se mencionó en el párrafo anterior por tratarse de una de las técnicas más utilizadas y con el estímulo que cada vez cobra más importancia en los recientes desarrollos en el campo del análisis de la consistencia del diseño geométrico, cuyos efectos están directamente relacionados con la accidentabilidad, se procederá en su aplicación en la presente investigación que a continuación se detalla.

d. Cálculo de la velocidad de operación mediante perfiles de velocidad.

Uno de los aspectos clave para el análisis de consistencia es conocer la velocidad de operación, cuyo valor se puede estimar de acuerdo al Manual DG-2018, que recomienda utilizar la tabla del autor Fitzpatrick, Pérez et al. (2011).

El Manual de Diseño Geométrico DG-2018 define a la velocidad de operación como la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG-2018). De acuerdo a estudios generalmente el análisis de este perfil de velocidad corresponde a un perfil teórico que requiere contar con un conocimiento previo de la geometría del trazado a evaluar.

d.1. Geometría de la vía.

Las características tridimensionales de una vía están en relación con la alineación en planta, perfil y sección transversal, para un desarrollo adecuado de los modelos de predicción de velocidad de operación, es necesario tener como dato en detalle los planos de la carretera en estudio.

d.2. Velocidades de operación del percentil 85 en curvas y tangentes.

- Velocidades de operación para curvas horizontales.

(Sánchez, J. – 2011) Siendo la velocidad uno de los factores más relevantes y fácil de apreciar, los primeros estudios se centraron en la realización del perfil de velocidades de operación del percentil 85 a lo largo de la vía, teniendo en cuenta únicamente el trazado en planta.

La representación gráfica del perfil permite localizar los puntos donde se incumple la regla establecida, con el fin de aplicar los correctivos pertinentes. Este procedimiento no fue muy difundido entonces, y se basó en las normas del Green Book de la AASHTO de 1965 y 1973, que se actualizaron posteriormente.

Si bien algunos autores hicieron estudios en los que se tiene en cuenta el trazado en alzado, sólo en el año 1999 se presentó una metodología que considera explícitamente parámetros del trazado en planta y en alzado; tomando en cuenta la normatividad del Green Book de la AASHTO, Fitzpatrick (2000) calibro los datos de esta normatividad correspondientes a la estimación de velocidades de operación del percentil 85 donde realizó estudios en 176 lugares localizados en carreteras de seis regiones de los Estados Unidos con diferentes combinaciones de alineaciones horizontal y vertical. Tomando al menos 100 mediciones de velocidad en cada emplazamiento, con radar y con sensores piezoeléctricos localizados en recta y en curva, bajo diferentes condiciones de circulación.

Estas ecuaciones mostradas en la tabla 3 son las más utilizadas por diversos investigadores a nivel mundial, para evaluar la consistencia de una carretera basándose exclusivamente en el perfil de velocidades y como se muestra en la presente investigación tiene buenos resultados.

Tabla 2.16.

Ecuaciones para la estimación de velocidades de operación en curvas horizontales.

Condiciones de alineamiento		Ecuación
1	Curva horizontal sobre pendiente (-9% < i < -4%)	$V_{85} = 102.10 - \frac{3077.13}{R}$
2	Curva horizontal sobre pendiente (-4% < i < 0%)	$V_{85} = 105.98 - \frac{3709.90}{R}$
3	Curva horizontal sobre pendiente (0% < i < 4%)	$V_{85} = 104.82 - \frac{3574.51}{R}$
4	Curva horizontal sobre pendiente (4% < i < 9%)	$V_{85} = 96.61 - \frac{2752.19}{R}$
5	Curva horizontal combinada con curvas cóncavas (sag)	$V_{85} = 105.32 - \frac{3438.19}{R}$
6	Curva horizontal combinada con curvas convexas sin limitación de visibilidad	(Nota 2)
7	Curva horizontal combinada con curvas convexas con limitación de visibilidad ($k \leq 43$ m / %)	$V_{85} = 103.24 - \frac{3576.51}{R}$
8	Curva vertical cóncava sobre recta horizontal	V_{85} se asume como la velocidad deseada
9	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad no limitada ($k > 43$ m / %) sobre recta horizontal	V_{85} se asume como la velocidad deseada
10	Curva vertical convexa con distancia de visibilidad limitada ($k \leq 43$ m / %) sobre recta horizontal	$V_{85} = 105.08 - \frac{149.69}{K}$

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

Notas:

- 1) Usa la menor velocidad estimada con las ecuaciones 1 ó 2 (para pendientes descendentes) y 3 ó 4 (para pendientes ascendentes).
- 2) Además, comparar con la velocidad estimada con las ecuaciones 1 ó 2 (para pendientes descendentes) y 3 ó 4 (para pendientes ascendentes) y usar la menor. Esto asegurará que la velocidad estimada a lo largo de curvas combinadas no será mejor que si solo la curva horizontal está presente. (Es decir, la inclusión de una curva convexa con visibilidad limitada resulte en una mayor velocidad).

V85: Percentil 85 de velocidad de automóviles (km/h).

R: Radio de curva (m).

- Velocidades de operación para tramos en tangente.

Según Felipe E., (2014) para el cálculo de la velocidad de operación en tangentes se utilizó el modelo propuesto por Lamm, en el cual la tangente está condicionada por las curvas que la preceden y suceden, por lo tanto, es necesario determinar si la tangente es o no independiente, para ello es necesario establecer $LT_{mín}$ y $LT_{máx}$ con el objetivo de diferenciar entre los tres casos siguientes:

- caso 1: $LT \leq LT_{mín}$ la tangente no es independiente, no se alcanza a acelerar hasta $V_{85} + 1$.
- caso 2: $LT \geq LT_{máx}$ la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta V_{des} .
- caso 3: $LT_{mín} < LT < LT_{máx}$ la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta $V_{85} + 1$.

Lamm et al.	Tangente caso 1: $L_T \leq L_{Tmin}$	$V_{85,T} = \frac{(V_{85,n-1} + V_{85,n+1})}{2}$	3.1	GER
	Tangente caso 2: $L_T \geq L_{Tmax}$	$V_{85,T} = V_{des}$	3.2	
	Tangente caso 3: $L_{Tmin} < L_T < L_{Tmax}$	$V_{85,T} = \sqrt{12.04a(TL - TL_{min}) + V_{85,n-1}^2}$	3.3	
Dónde:				
EC. 3.4				
$L_{Tmin} = \frac{ V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2 }{25.92a}$				
EC. 3.5				
$L_{Tmax} = \frac{ 2 \cdot V_{des}^2 - V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2 }{25.92 \cdot a}$				
R	= Radio de curva			
Ls	= Longitud de curva de transición			
a = d	= 0.85 m/s ²			
LT	= Longitud de la tangente			
LTmin	= Longitud de tangente mínima para acelerar o desacelerar de $V_{85,n-1}$ a $V_{85,n+1}$.			
LTmax	= Longitud de tangente máxima			

Figura 2.3. Ecuaciones para la estimación de velocidades de operación para tangentes.

Fuente: Felipe, (2014).

De acuerdo a la investigación de Felipe (2014) donde muestra los diferentes enfoques relacionados a la evaluación de la consistencia de diseño y a su vez utiliza el enfoque de Lamm, el mismo que se utilizó en la presente investigación.

d.3. Construcción del perfil de velocidad.

Jiménez (2007) menciona que un perfil de velocidad es básicamente un gráfico de velocidades de operación en el eje vertical frente a la distancia a lo largo de la calzada en el eje horizontal. Este perfil se obtiene midiendo las velocidades de operación de los elementos geométricos sucesivos, de los alineamientos horizontal y vertical. Para el caso de carreteras no existentes o en proyecto, este perfil de velocidad se obtiene mediante métodos de regresión que relacionan la velocidad de operación y las características geométricas; en el caso de las carreteras existentes, se obtienen mediante la distribución de velocidades de los usuarios. En la Figura 2.2.8.4.2, se muestra un ejemplo de lo que es un perfil de velocidad. (Posada et al., 2014).

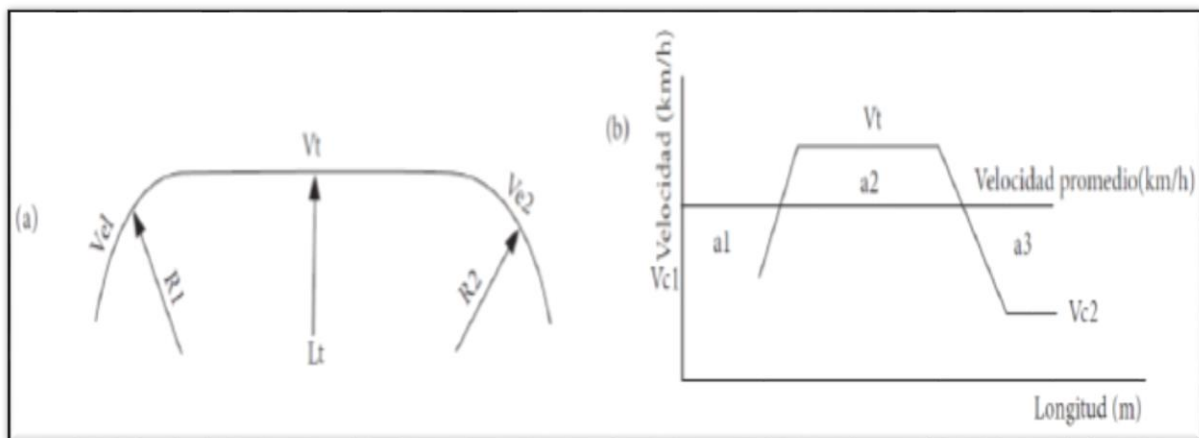


Figura 2. 4. Ejemplo de una sección de vía (a) y su perfil (b).

Fuente: Posada, Cavidad y Castro (2014).

e. Selección de criterios existentes para evaluar la consistencia.

En el Perú hay pocos estudios sobre métodos o criterios adecuados para la aplicación del análisis de consistencia del diseño geométrico de una carretera. Se decidió que el mejor criterio a adoptar para la realización de esta investigación fue el criterio de la velocidad de operación y sus variaciones. Según lo que se detalla a continuación.

García et al. (2013) mencionan que la velocidad de operación es un parámetro de respuesta de los conductores, y por ello se desconoce en el momento de diseño de la carretera. Ello, en teoría, imposibilita su utilización en la fase de diseño. Sin embargo, puede estimarse dicho comportamiento a través de los denominados modelos de velocidad de operación. Estos modelos empíricos permiten estimar la velocidad de operación que se desarrollará en un determinado elemento del trazado, fundamentalmente en función de sus características geométricas. En función de las variables consideradas, el modelo será más o menos preciso.

e.1. Modelos de evaluación.

Se centran fundamentalmente en analizar las variaciones de velocidad puntuales, que por lo general responden a un elemento del trazado no concordante con los que le rodean. Su gran ventaja es que permiten focalizar rápidamente el origen de la inconsistencia y actuar sobre ella. (García et al., 2013).

- Criterios I y II de Lamm.

Los métodos de evaluación de la consistencia más extendidos son los desarrollados por Lamm et al. (1999), quienes establecieron dos criterios relacionados con la velocidad de operación, que incluían la diferencia entre la velocidad de operación de cada elemento geométrico y la de diseño (Criterio I) y la diferencia de velocidad de operación entre elementos geométricos consecutivos (Criterio II). La ventaja de estos criterios es su sencillez de utilización, ya que su obtención es prácticamente directa a partir del perfil de velocidad de operación.

El criterio II es más utilizado, ya que su relación con la siniestralidad es clara (es totalmente intuitivo que una mayor reducción de velocidad a priori presentará más problemas para el conductor), además de que localiza la zona sobre la que hay que actuar.

Lamm et al. (1999) propuso tres umbrales para cada uno de sus dos criterios para calificar la seguridad del diseño geométrico de un camino, correlacionó el número de accidentes con la geometría de los caminos (Felipe, 2014).

- **Calificación bueno:** significa que no necesita cambios y que está acorde con las expectativas del conductor, en nuestro caso para hacerla más visual se le asignó el color verde para identificarlo.
- **Calificación tolerable:** significa que el sitio necesita cambios o está, relativamente, bien, depende a que margen se acerque, si se acerca a la calificación bueno se acepta, a diferencia, si se acerca a la calificación pobre éste necesita cambios, este umbral depende del grado de inconsistencia que el diseñador está dispuesto a aceptar, para identificarlo en la presente tesis se le asignó el color anaranjado.
- **Calificación pobre:** significa que dicho sitio atenta contra los conductores y es necesario rediseñarlo, se le asignó el color rojo para identificarlo.

A pesar de que estos criterios fueron propuestos hace varios años estos, aún son ampliamente utilizados por investigadores de todo el mundo y, en la presente investigación se emplearán estos criterios para calificar la inconsistencia de la carretera la Shita Atumpata.

Tabla 2.17.
Indicadores y criterios de Lamm.

Diseño	Color	CS I (km/h)	CS II (km/h)
Bueno		$ V_{85n} - V_d \leq 10$	$ V_{85n} - V_{85n+1} \leq 11$
Tolerable		$10 < V_{85n} - V_d \leq 20$	$10 < V_{85n} - V_{85n+1} \leq 21$
Pobre		$ V_{85n} - V_d > 20$	$ V_{85n} - V_{85n+1} > 21$

Fuente: Felipe, (2014).

Dónde:

CSI: Criterio de evaluación I.

CSII: Criterio de evaluación II.

V85n: Velocidad del percentil 85 del sitio (km/h).

V85n+1: Velocidad del percentil 85 del sitio que le sucede (km/h).

Vd: Velocidad de diseño (km/h).

2.2.10. Integración de la consistencia en la evaluación de la seguridad vial.

El actual conocimiento sobre la consistencia permite mejorar el proceso de diseño geométrico tradicional. Este proceso innovador pretende integrar gran parte de lo que hoy en día se conoce sobre el comportamiento de los conductores, así como la estimación de la siniestralidad por medio de la consistencia. De este modo se pretende que el diseño conseguido no sólo se ajuste a unas determinadas normativas, sino que también vaya más allá y produzca diseños muy intuitivos para los conductores, redundando en una mayor seguridad. (García, Camacho y Pérez, 2013).

De acuerdo a Echaveguren y Sáez (2001) el análisis de consistencia, constituye un proceso que, complementado al proceso de diseño tradicional, permite analizar la relación entre comportamiento modelado y real de los conductores ante un trazado en particular de modo tal de armonizar el diseño con las expectativas de los conductores. Así mismo, el análisis de consistencia y la investigación que lo sustenta, no tiene por fin último sustituir los modelos que actualmente se emplean, más bien tiene por finalidad estudiar las causas de inconsistencias en los diseños, elaborar criterios cuantitativos que permitan evaluar los trazados en términos de su

consistencia y proporcionar criterios que permitan dar soluciones a los potenciales problemas de consistencia.

a. Carreteras de nuevo diseño.

Básicamente, el proceso de diseño que se plantea pretende incorporar la seguridad en el proceso de diseño por medio de ajustar dicho diseño al comportamiento de los conductores. (García, Camacho y Pérez, 2013).

En cuanto a la fase de planeamiento, actualmente se consideran gran diversidad de parámetros en el análisis de soluciones, como la economía, impacto ambiental, capacidad y operación, longitud, etc. Sin embargo, la seguridad vial raramente es uno de dichos aspectos. Es por ello que debería incorporarse de una manera más directa, a ser posible, mediante un análisis de la consistencia de las alternativas propuestas y la estimación de su impacto sobre el número de accidentes futuro. (García et al., 2013)

b. Carreteras en servicio.

El análisis de consistencia también puede utilizarse para estimar el nivel de siniestralidad esperado en una carretera existente, así como identificar los puntos más conflictivos. De esta forma se puede determinar si la alta siniestralidad de una vía es debida al factor infraestructura (con lo que se procedería a su rediseño), o a otros factores. (García, Camacho y Pérez, 2013).

Las carreteras actuales no fueron diseñadas considerando este tipo de evaluaciones en su diseño, por lo que pueden presentar gran disparidad de velocidades, redundando en una mayor siniestralidad. Por otra parte, en muchas ocasiones la velocidad de diseño no se ajusta a los requerimientos del tramo, posiblemente porque se diseñó sin efectuar una correcta tramificación. (García, Camacho y Pérez, 2013).

Así mismo, Echaveguren y Cárdenas (2013) complementan que el análisis de consistencia y sus métodos, constituyen una herramienta de apoyo para los proyectistas, quienes en muchas ocasiones deben discriminar diferentes alternativas de diseño en pos de lograr diseños con un mayor nivel de seguridad. En el análisis de consistencia se calculan niveles de consistencia, los que permiten tomar decisiones respecto del trazado. Estas decisiones van desde modificar el diseño totalmente o parte de él, señalar, hasta mantenerlo como está.

2.2.11. Señalización vial.

La señalización vial surge de la necesidad de mantener informado al conductor del vehículo acerca de las características de la vía por la que circula y del entorno por la que esta discurre, con la finalidad de advertir la existencia de peligros potenciales, informar la vigencia de ciertas normas y reglamentaciones, así como de orientar en todo momento al usuario por medio de oportunas indicaciones. La señalización debe ser implementada de manera clara, sencilla, precisa y por medio de los estándares establecidos, para la correcta interpretación y representación, esto mejorará las condiciones de capacidad y seguridad de la vía. El objetivo principal es proporcionar al tramo de vía en estudio, de una óptima señalización vertical tanto como horizontal, con la finalidad de que exista un tránsito fluido y seguro para así disminuir los accidentes y evitar demoras innecesarias. (Miranda, 2016).

2.2.11.1. Señales verticales.

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. Se clasifican en los siguientes tres grupos, de acuerdo a la función que desempeñan (MTC - Manual de Dispositivo de control del Tránsito Automotor para calles y carreteras, 2016):

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. (MTC - Manual de Dispositivo de control del Tránsito Automotor para calles y carreteras, 2016).

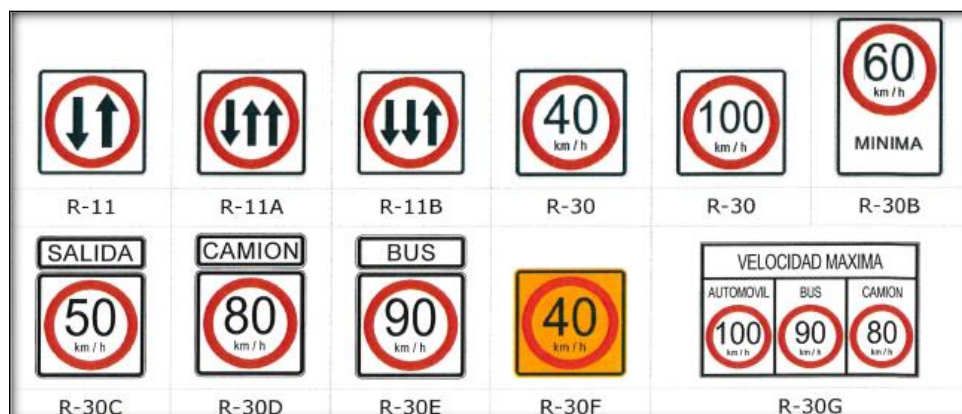


Figura 2.5. Ejemplo de señales Reguladoras – de restricción.

Fuente: MTC - Manual de Dispositivo de control del Tránsito Automotor para calles y carreteras (2016).

b. Señales Preventivas. – Su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. (MTC - Manual de Dispositivo de control del Tránsito Automotor para calles y carreteras, 2016).



Figura 2.6. Ejemplo de señales preventivas – curvatura horizontal
Fuente: MTC - Manual de Dispositivo de control del Tránsito Automotor para calles y carreteras (2016).

c). Señales Informativas. – Tienen como propósito guiar a los usuarios y proporcionarles información para que puedan llegar a sus destinos en forma más simple y directa posible. Además, proporcionan información relativa a distancias a centros poblados y servicios al usuario, kilometraje de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, y otros. (MTC - Manual de Dispositivo de control del Tránsito Automotor para calles y carreteras, 2016).



Figura 2.7. Ejemplo de señales informativas – de dirección.
Fuente: MTC - Manual de Dispositivo de control del Tránsito Automotor para calles y carreteras (2016).

2.2.11.2 Señales horizontales

Son señales o marcas efectuadas sobre la superficie de la vía, tales como líneas, símbolos, leyendas, palabras, números u otras indicaciones conocidas como señalización horizontal. Pueden ser de color blanco o amarillo, cuyo objetivo es: Prevenir, guiar y orientar a los usuarios de las vías; Delimitar carriles y zonas prohibidas de circulación; así también Complementar y reforzar el significado de las señales verticales. Citado por Miranda, (2016). En este caso como es una carretera con afirmado no se aplicaría este tipo de señales.

2.2.12. Definición de términos básicos.

- ❖ **Accidente de tránsito:** Cualquier hecho fortuito u ocurrencia entre uno o más vehículos en una vía pública o privada. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).
- ❖ **Características geométricas:** Refiere al estado de cómo se encuentra los elementos geométricos de la vía en campo. (Gómez y Quispe, 2017).
- ❖ **Carretera:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).
- ❖ **Consistencia del diseño geométrico:** El grado de adecuación entre las expectativas de los conductores y el comportamiento que permite la vía. (García et al., 2013).
- ❖ **Elementos geométricos:** Refiere a los factores de diseño en planta, perfil longitudinal y sección transversal. (Gómez y Quispe, 2017).
- ❖ **Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT):** El Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), es un documento que se formuló por la existencia de vías que conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), caracterizadas por tener una superficie de rodadura de material granular y son recorridas generalmente por un volumen menor de 50 vehículos por día y que muy pocas veces llegan hasta 200 vehículos por día, siendo el presente manual una norma que proporciona criterios técnicos, sólidos y coherentes de gran utilidad para el diseño de este tipo de carreteras. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).
- ❖ **Perfil de velocidades:** Es una línea de velocidades de operación en el eje vertical contra la distancia a lo largo de la carretera en el eje horizontal. (Gómez y Quispe, 2017).

- ❖ **Seguridad vial:** Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013, p. 44).

- ❖ **V85:** Es el percentil 85 de una muestra de velocidades observadas en la estadística general utilizado en la descripción de velocidades de operación en una característica geométrica. Es la velocidad a la cual o por debajo del cual operan el 85% de los conductores. (Gómez y Quispe, 2017).

- ❖ **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, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013). Es la velocidad seleccionada utilizada para determinar las distintas características geométricas de la carretera. (Gómez y Quispe, 2017).

- ❖ **Velocidad de operación:** Es la velocidad máxima a la que pueden circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, sin sobrepasar la velocidad de diseño de tramo homogéneo. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013, p. 50).

- ❖ **Velocidad deseada:** Es la velocidad que seleccionan los conductores cuando no están impedidos por el trazado vertical u horizontal. (Gómez y Quispe, 2017).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La evaluación se realizó en la carretera la Shita - Atumpata del km 00+000 al km 05+000, ubicada en el distrito de José Sabogal, Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca.

3.1.1. Ubicación política.

- País: Perú.
- Región: Cajamarca.
- Departamento: Cajamarca.
- Provincia: San Marcos.
- Distrito: José Sabogal.

3.1.2. Ubicación geográfica y coordenadas UTM – WGS84 – Zona 17S.

- Coordenadas UTM – WGS 84 – Zona 17S:

Punto inicial. Ubicado en la localidad de la Shita (km 00 + 00), intersección con la carretera San Marcos – José Sabogal, los hitos O1 y O2 son puntos de referencia para la ubicación del punto inicial.

Tabla 3.1.

Coordenadas UTM para la ubicación del punto inicial.

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
INICIO	828084.17	9195644.86	3245.86
BM 1	828072.38	9195651.52	3249.52
O1	828095.54	9195651.73	3246.50
O2	828087.69	9195628.47	3243.07

Fuente: Elaboración propia (2019).

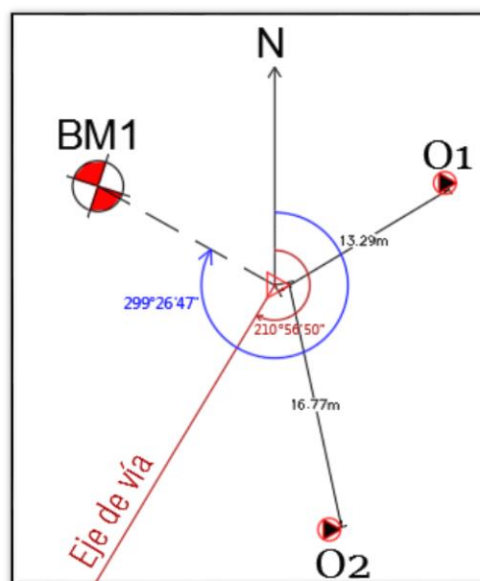


Figura 3.1. Ubicación del punto Inicial.

Punto final. Está ubicado en la localidad de Atumpata (km 05 + 00), los hitos O3 y O4 son puntos de referencia para la ubicación del punto inicial.

Tabla 3.2.

Coordenadas UTM para la ubicación del punto final.

PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
FINAL	827022.25	9193462.10	3749.90
BM 12	827025.39	9193452.54	3751.64
O3	827025.04	9193472.77	3748.00
O4	827038.58	9193462.99	3747.23

Fuente: Elaboración propia (2019).

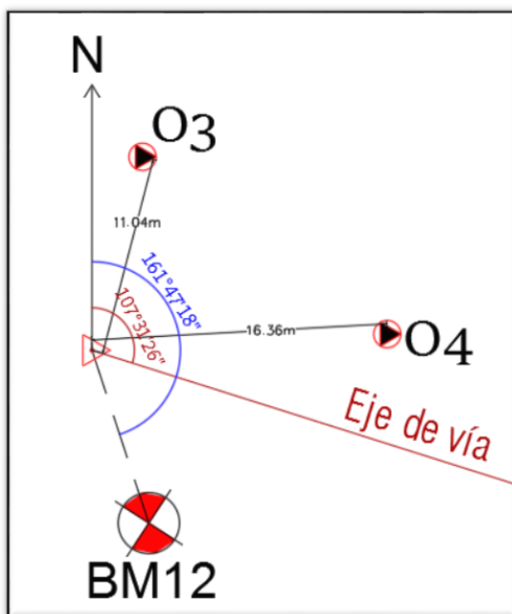


Figura 3.2. Ubicación del punto final.

- Coordenadas Geográficas

Punto Inicial : km 00 + 000 (La Shita)

Latitud : 7° 16' 2" S

Longitud : 78° 1' 45" W

Altitud : 3245.86 m.s.n.m

Punto Final : km 00 + 000 (Atumpata)

Latitud : 7° 17' 13" S

Longitud : 78° 2' 19" W

Altitud : 3749.90 m.s.n.m

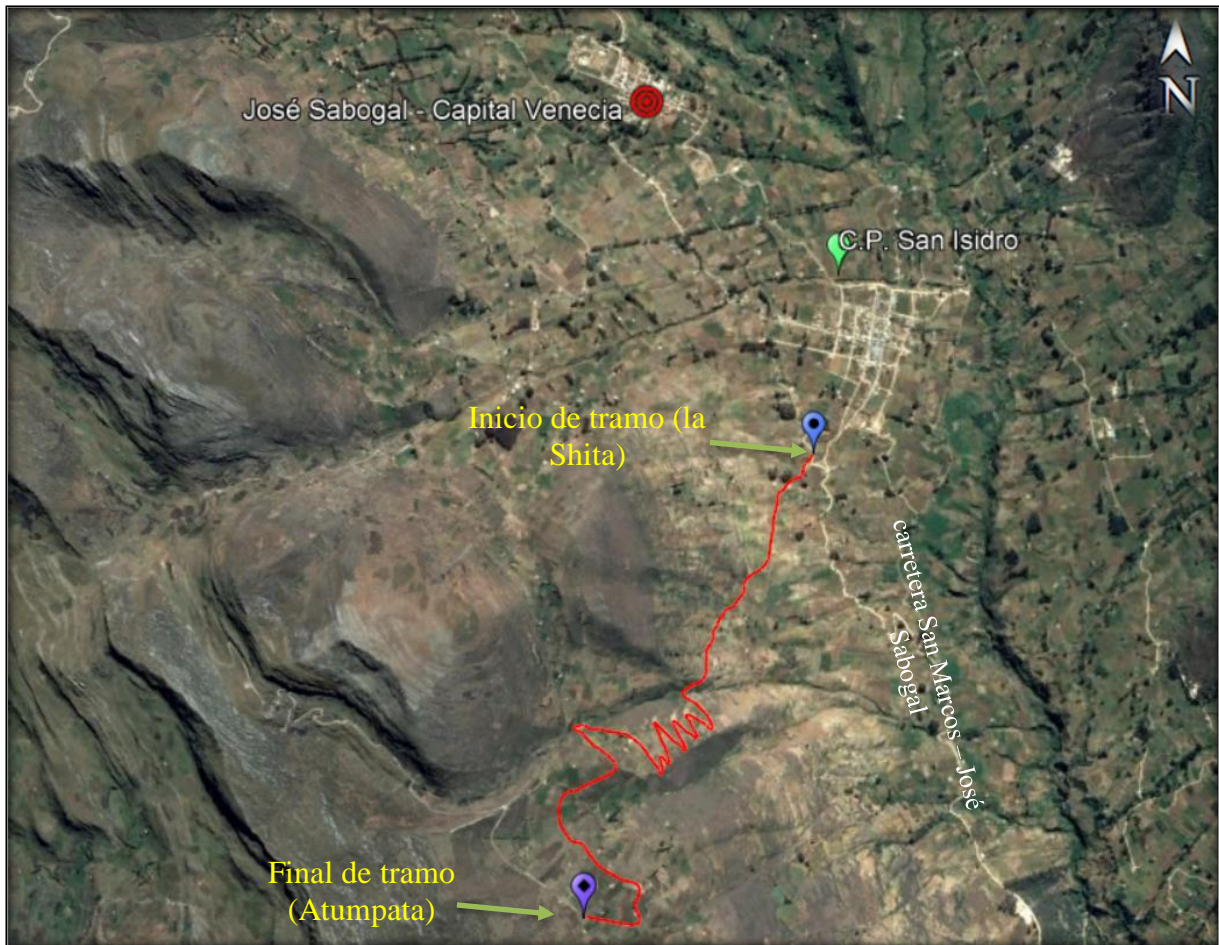


Figura 3.3. Ubicación de la Carretera.
Fuente: Google Earth (2019).

3.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1.1. Tipo de investigación.

Según el tipo de investigación es aplicada y cuantitativa, porque busco comprobar la hipótesis recolectando datos de las mediciones numéricas realizadas, generalmente con ayuda de herramientas del campo y estadística; verificando el cumplimiento de los parámetros de diseño geométrico según el manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito de la carretera la Shita – Atumpata (km 00+00 – km 05+00) para posteriormente realizar la evaluación de la consistencia geométrica.

3.1.2. Nivel de investigación.

Este trabajo abordó una investigación que reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo porque tuvo como fin evaluar la seguridad vial de la carretera la Shita – Atumpata (km 00+00 – km 05+00) considerando las características geométricas de la vía y su consistencia.

3.1.3. Diseño de la investigación.

De acuerdo a su diseño, la investigación es no experimental, porque se estudió y mostró las variables tal como están sin alterar el terreno, sobre estas se evaluó la consistencia de diseño y se realizó verificaciones respecto al grado de cumplimiento con la norma, así mismo se correlacionó las variables de estudio para determinar la seguridad vial - nominal del diseño geométrico. También fue de tipo transversal, porque las variables se midieron en una sola oportunidad y en un tiempo corto.

3.1.4. Método de investigación

La presente investigación se realizó mediante el método hipotético - deductivo. El método consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos. (Bernal, 2006).

3.1.5. Población de estudio.

Las carreteras del distrito de José Sabogal.

3.1.6. Muestra.

La carretera la Shita - Atumpata km 00 + 000 – km 05 + 000

3.1.7. Unidad de análisis

Kilómetro de carretera.

3.3. MATERIALES E INSTRUMENTOS.

Para la recolección de datos de campo como es el levantamiento topográfico, se hicieron uso de los siguientes equipos:

Tabla 3.3.
Materiales e instrumentos.

MATERIALES E INSTRUMENTOS		
Cinta métrica – stanley (50 m)	Cinta reforzada con fibra de vidrio para mediciones precisas	
Gps – Garmin eTrex 10	Posee un receptor GPS para una captación y recepción de señal	
Estación total – Leica Geosystems TS - 06	Con precisión de 3"	
Prisma	Objeto circular formado por una serie de cristales que tienen la función de regresar la señal emitida por una estación total	
Porta prisma	Estructura de aluminio, extensible hasta 4.6 m. y con un nivel esférico (ojo de pollo) calibrado.	
Trípode	Base que sirve de apoyo a la estación total	

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.4. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO.

3.4.1. Levantamiento topográfico.

El levantamiento topográfico es el procedimiento realizado en campo para obtener la representación gráfica del terreno, de sus accidentes y edificaciones existentes, puestas por el hombre, en un plano topográfico después de su procesamiento en gabinete. El levantamiento topográfico muestra las distancias horizontales y las diferentes cotas o elevaciones de los elementos representados en el plano mediante curvas de nivel, a escalas convenientes para la interpretación del plano y para la adecuada representación del camino y las diversas estructuras que lo componen.

3.5. APLICACIÓN DEL MÉTODO UTILIZADO.

3.5.1. Trabajo de campo.

- **Procedimiento de reconocimiento de la zona**

Se realizó la inspección la zona de estudio, para así evaluar la forma en que se haría la topografía, se realizó inicialmente, el reconocimiento de la zona, procurándose obtener previamente información de esta; también se consultó el software Google Earth. Además, que se observó de manera amplia tanto la topografía del terreno, como la situación actual de la carretera en estudio realizando un recorrido a toda la vía en estudio, para ver las características sobresalientes principales del lugar, que facilitó un planeamiento adecuado para la ubicación de las estaciones que sirvieron de base para la ejecución del levantamiento topográfico, viendo lugares donde ubicar la estación total de tal manera que se pueda visar la mayor cantidad de puntos.

- **Levantamiento topográfico de la carretera**

- *Elección del método.*

Como es una carretera construida y la información que se quiere obtener, son sus características geométricas que tiene, se optó por utilizar el método directo o de las secciones transversales por radiación usando estación total.

- *Elección del tipo de poligonal.*

Tomando en cuenta que la estación total tiene una alta precisión, se eligió trabajar con una poligonal abierta.

- Toma de datos

- Una vez hecho el reconocimiento de la zona, se procedió a la ubicación de la primera estación (E-1), cerca al km 00+000, que se lo hizo fuera de la vía, con el fin de no bloquear el tránsito; teniendo en cuenta la visibilidad del mayor tramo de carretera, tratando de tener el mínimo número de cambio de estaciones.
- Se marcó un punto sobre el terreno (Estación E-1), se niveló, luego se obtuvo las coordenadas y la cota de nuestra estación, con GPS y se introdujo en la estación total, insertando dos puntos más que sirvieron como orientación, haciéndose el visado correspondiente de los mismos y haciendo las configuraciones respectivas del equipo.
- En seguida se procedió a la toma de datos, se marcó el BM – 1, y se hizo el visado respectivo, se trabajó con dos prismas, se tomó puntos en el punto de inicio, en el eje de la carretera, borde, taludes y terreno, colocando el prisma encima del punto y en dirección a la estación, procediendo a visar y guardar las coordenadas obtenidas. con el fin de obtener y determinar la configuración de la vía, que permita apreciar sus características geométricas.
- Luego se procedió a radiar todos los puntos de referencia en la carretera tales como eje de vía para tener la poligonal abierta, bordes de carretera, cunetas, alcantarillas, quebradas, postes, casas, otros, de acuerdo al estacado en tramos cada 20 m para poder conocer las características geométricas de la vía, como son pendientes, anchos de calzadas, cunetas, bermas
- Luego de haber tomados todos los puntos que se podía visualizar de la primera estación, se realizó un cambio de estación, visando el punto donde se ubicaría la siguiente estación, anotando sus coordenadas respectivas.
- Luego se movió el equipo a la siguiente estación, se orientó respecto a la primera estación y se volvió a repetir el procedimiento de la toma de datos a través de todo el eje de la carretera.
- Y así sucesivamente se realizó la toma de datos mediante cambio de estaciones, hasta lograr hacer el levantamiento topográfico de todo el tramo en estudio, mencionando que se marcó BMs fuera de las áreas de corte de la carretera en piedras firmes con esmalte, los puntos de cambio se dejó marcados sobre roca a un costado de la carretera; Se hizo un solo levantamiento topográfico.

- **Información de vehículos que transitan por la vía estudiada**

Para ello se realizó el conteo de vehículos que transitan por la carretera en estudio, anotando el tipo de vehículo y la cantidad que pasa cada día. Se realizó durante dos semanas en horario de 7:00 am a 7:00 pm, esto sirvió para realizar el análisis de tráfico y clasificación de la vía, se presenta los datos obtenidos en un cuadro en el trabajo de gabinete.

- **Información de accidentes de tránsito suscitados en la vía estudiada.**

Como no hay registro de los accidentes producidos en esta carretera, lo que se hizo es preguntar a los pobladores del lugar, los cuales informaron que hasta la fecha se ha presentado dos accidentes de tránsito en dicha vía, que se presenta en un cuadro en el trabajo de gabinete.

3.5.2. Trabajo de gabinete.

Terminado el trabajo de campo, se procesó la información obtenida en campo, en la zona mediante el levantamiento topográfico y conteo manual.

- Se pasó los datos de la estación total a la computadora, en formato txt.
 - Se importó los puntos tomados en campo al programa Autocad Civil 3D, para hacer su procesamiento.
- Luego se realizó el modelamiento de la carretera, generando las curvas de nivel cada 2 m, elaborando los planos tanto en planta, perfil y secciones transversales mediante el software AutoCAD Civil 3D 2017.
 - Se elaboraron los planos de: ubicación, clave, planta y perfil y secciones transversales.
- Mediante hojas de cálculo en excel se ejecutó el análisis y la comparación de las características geométricas de la carretera en estudio con el MDCNPBVT (2005).

Tabla 3.4.
Índice medio diario.

Tipo de Vehículo	Primera semana							Segunda semana							total	IMD	Distribución %
	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D			
Camión C2	2	2	2	2	5	2	4	2	3	2	4	4	2	5	41	4	77.36%
Camioneta pick up					2		3		2		3		2	12	22.64%		
TOTAL							53								4	100.00%	

IMD = 4 veh/día.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Ya que el IMD de la carretera fue de 4 veh/día, siendo este menor a 200 veh/día, y además debido es una vía no pavimentada; es que para realizar la presente evaluación se utilizó el MDCNPBVT (2005).

Tabla 3.5.

Datos de accidentes de tránsito en la carretera la Shita – Atumpata.

Año	Vehículo del accidente	Muertos	Heridos	Motivo	Progresiva donde sucedió
08/09/2014	Motocar	no hubo	01 herido de gravedad	Dejo de acelerar cuando estaba subiendo y por la pendiente se empezó a retroceder el vehículo hasta volcarse, los frenos no lograron detenerlo, saliéndose de la carretera dándose vueltas de campana	km 01+660 en la curva n° 36
13/03/2015	Combi	no hubo	06 heridos, 02 de gravedad	El vehículo estaba descendiendo y con la velocidad que venía no logro frenar y se pasó la curva despistándose de la carretera unos 10 metros aproximadamente quedando el vehículo echado. Sucedió en época de lluvia.	km 03 + 355 en la curva n° 79

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.6. CLASIFICACIÓN DEL CAMINO.

➤ **Por su función y jerarquía:**

Como une las localidades de la Shita y Atumpata, distrito de José Sabogal, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca se puede clasificar como una **carretera de la red vecinal o rural**, de acuerdo al ítem 1.1.1 del MDCNPBVT (2005). Según su jerarquía no se encontró registro de la vía en el clasificador de rutas del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). El punto inicio se ubica con la intersección de la ruta CA-1566.

➤ **Por su relieve y clima**

Tabla 3.6.

Tipo de orografía de terreno.

Tipo de terreno	Izq. (%)	Progresiva	Der. (%)	Tipo de terreno
ONDULADO	22.78	0 + 000.00	20.55	ONDULADO
ONDULADO	22.73	0 + 020.00	27.47	ONDULADO
ONDULADO	38.31	0 + 040.00	27.40	ONDULADO
ONDULADO	36.14	0 + 060.00	34.36	ONDULADO
ONDULADO	20.83	0 + 080.00	12.64	ONDULADO
ONDULADO	27.78	0 + 100.00	18.69	ONDULADO

(...continuación de tabla 3.6)

Tipo de terreno	Izq. (%)	Progresiva	Der. (%)	Tipo de terreno
ONDULADO	27.78	0 + 120.00	14.88	ONDULADO
ONDULADO	45.05	0 + 140.00	34.00	ONDULADO
ONDULADO	46.88	0 + 160.00	33.33	ONDULADO
ONDULADO	38.91	0 + 180.00	42.19	ONDULADO
ONDULADO	25.13	0 + 200.00	25.06	ONDULADO
ONDULADO	34.36	0 + 220.00	20.37	ONDULADO
ONDULADO	36.23	0 + 240.00	43.29	ONDULADO
ONDULADO	39.37	0 + 260.00	40.82	ONDULADO
ONDULADO	14.49	0 + 280.00	16.61	ONDULADO
ONDULADO	22.32	0 + 300.00	21.69	ONDULADO
ONDULADO	27.55	0 + 320.00	25.19	ONDULADO
ONDULADO	24.39	0 + 340.00	23.92	ONDULADO
ONDULADO	39.06	0 + 360.00	23.70	ONDULADO
ONDULADO	37.04	0 + 380.00	24.21	ONDULADO
ONDULADO	40.16	0 + 400.00	24.88	ONDULADO
ONDULADO	37.74	0 + 420.00	29.59	ONDULADO
ONDULADO	41.67	0 + 440.00	32.68	ONDULADO
ONDULADO	36.36	0 + 460.00	29.67	ONDULADO
ONDULADO	45.87	0 + 480.00	28.41	ONDULADO
ACCIDENTADO	52.63	0 + 500.00	34.36	ACCIDENTADO
ONDULADO	49.50	0 + 520.00	34.60	ONDULADO
ACCIDENTADO	50.51	0 + 540.00	33.33	ONDULADO
ACCIDENTADO	50.76	0 + 560.00	29.33	ONDULADO
ONDULADO	36.23	0 + 580.00	29.85	ONDULADO
ONDULADO	26.95	0 + 600.00	34.36	ONDULADO
ONDULADO	35.71	0 + 620.00	35.21	ONDULADO
ONDULADO	37.31	0 + 640.00	34.60	ONDULADO
ONDULADO	35.97	0 + 660.00	34.60	ONDULADO
ONDULADO	28.19	0 + 680.00	31.95	ONDULADO
ONDULADO	29.94	0 + 700.00	28.41	ONDULADO
ONDULADO	36.76	0 + 720.00	37.74	ONDULADO
ONDULADO	35.97	0 + 740.00	51.02	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	68.97	0 + 760.00	51.81	ACCIDENTADO
ONDULADO	38.61	0 + 780.00	53.76	ACCIDENTADO
ONDULADO	22.52	0 + 800.00	29.67	ONDULADO
ONDULADO	23.81	0 + 820.00	17.06	ONDULADO
ONDULADO	17.60	0 + 840.00	14.73	ONDULADO
ONDULADO	28.33	0 + 860.00	16.47	ONDULADO
ONDULADO	19.96	0 + 880.00	23.15	ONDULADO
ONDULADO	31.95	0 + 900.00	32.47	ONDULADO
ONDULADO	36.23	0 + 920.00	13.57	ONDULADO
ONDULADO	28.90	0 + 940.00	24.47	ONDULADO

(...continuación de tabla 3.6)

Tipo de terreno	Izq. (%)	Progresiva	Der. (%)	Tipo de terreno
ONDULADO	36.48	0 + 960.00	38.02	ONDULADO
ONDULADO	45.05	0 + 980.00	37.45	ONDULADO
ONDULADO	46.30	1 + 000.00	40.00	ONDULADO
ACCIDENTADO	50.61	1 + 020.00	43.48	ONDULADO
ACCIDENTADO	72.99	1 + 040.00	46.73	ONDULADO
ACCIDENTADO	52.91	1 + 060.00	44.84	ONDULADO
ACCIDENTADO	55.25	1 + 080.00	58.14	ACCIDENTADO
ONDULADO	33.67	1 + 100.00	37.45	ONDULADO
ACCIDENTADO	54.64	1 + 120.00	45.66	ONDULADO
ACCIDENTADO	54.95	1 + 140.00	47.80	ONDULADO
ACCIDENTADO	54.35	1 + 160.00	61.73	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	68.97	1 + 180.00	52.36	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	65.36	1 + 200.00	52.91	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	56.18	1 + 220.00	51.55	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	53.19	1 + 240.00	50.76	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	59.52	1 + 260.00	62.11	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	67.57	1 + 280.00	53.76	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	62.11	1 + 300.00	44.25	ONDULADO
ACCIDENTADO	77.52	1 + 320.00	56.18	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	56.82	1 + 340.00	58.48	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	52.63	1 + 360.00	76.86	ACCIDENTADO
MUY ACCIDENTADO	120.48	1 + 380.00	96.15	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	72.46	1 + 400.00	73.53	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	74.63	1 + 420.00	59.17	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	74.07	1 + 440.00	44.64	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	89.29	1 + 460.00	60.68	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	88.50	1 + 480.00	93.46	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	83.82	1 + 500.00	100.10	MUY ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	81.30	1 + 520.00	79.37	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	98.04	1 + 540.00	76.92	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	73.53	1 + 560.00	66.67	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	83.33	1 + 580.00	66.23	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	75.19	1 + 600.00	57.80	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	60.24	1 + 620.00	56.15	ACCIDENTADO
ONDULADO	46.08	1 + 640.00	62.50	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	57.69	1 + 660.00	48.31	ONDULADO
ACCIDENTADO	59.88	1 + 680.00	9.48	PLANO
ONDULADO	42.92	1 + 700.00	63.29	ACCIDENTADO
ONDULADO	33.44	1 + 720.00	50.43	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	63.29	1 + 740.00	42.92	ONDULADO
ONDULADO	42.92	1 + 760.00	80.00	ACCIDENTADO
ONDULADO	33.15	1 + 780.00	63.69	ACCIDENTADO

(...continuación de tabla 3.6)

Tipo de terreno	Izq. (%)	Progresiva	Der. (%)	Tipo de terreno
ACCIDENTADO	59.17	1 + 800.00	69.93	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	61.96	1 + 820.00	46.95	ONDULADO
ACCIDENTADO	57.80	1 + 840.00	42.25	ONDULADO
ONDULADO	47.85	1 + 860.00	53.48	ACCIDENTADO
ONDULADO	46.51	1 + 880.00	52.91	ACCIDENTADO
ONDULADO	47.85	1 + 900.00	50.71	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	50.51	1 + 920.00	56.50	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	51.55	1 + 940.00	62.42	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	76.34	1 + 960.00	62.85	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	55.40	1 + 980.00	45.45	ONDULADO
ACCIDENTADO	53.19	2 + 000.00	67.16	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	65.36	2 + 020.00	5.94	PLANO
ACCIDENTADO	53.48	2 + 040.00	59.17	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	58.48	2 + 060.00	50.35	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	69.44	2 + 080.00	51.63	ACCIDENTADO
ONDULADO	27.78	2 + 100.00	56.31	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	72.46	2 + 120.00	53.91	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	58.14	2 + 140.00	56.59	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	55.25	2 + 160.00	68.97	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	60.46	2 + 180.00	59.17	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	51.55	2 + 200.00	67.11	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	52.63	2 + 220.00	55.07	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	57.80	2 + 240.00	52.91	ACCIDENTADO
ONDULADO	28.01	2 + 260.00	52.77	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	51.60	2 + 280.00	49.50	ONDULADO
ACCIDENTADO	70.92	2 + 300.00	59.52	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	53.76	2 + 320.00	4.68	PLANO
ACCIDENTADO	64.10	2 + 340.00	54.38	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	54.64	2 + 360.00	48.52	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	59.17	2 + 380.00	56.43	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	60.98	2 + 400.00	58.38	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	72.46	2 + 420.00	53.22	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	63.29	2 + 440.00	57.74	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	62.89	2 + 460.00	61.35	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	66.23	2 + 480.00	64.47	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	78.74	2 + 500.00	64.85	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	74.07	2 + 520.00	44.52	ONDULADO
ACCIDENTADO	60.61	2 + 540.00	76.34	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	57.80	2 + 560.00	99.01	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	65.83	2 + 580.00	60.61	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	60.83	2 + 600.00	54.95	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	53.62	2 + 620.00	49.26	ONDULADO

(...continuación de tabla 3.6)

Tipo de terreno	Izq. (%)	Progresiva	Der. (%)	Tipo de terreno
ACCIDENTADO	54.73	2 + 640.00	48.31	ONDULADO
ONDULADO	47.87	2 + 660.00	57.80	ACCIDENTADO
ONDULADO	42.66	2 + 680.00	81.97	ACCIDENTADO
ONDULADO	41.08	2 + 700.00	55.25	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	56.18	2 + 720.00	50.00	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	78.06	2 + 740.00	41.84	ONDULADO
ACCIDENTADO	54.95	2 + 760.00	42.54	ONDULADO
ACCIDENTADO	57.47	2 + 780.00	32.40	ONDULADO
ACCIDENTADO	58.48	2 + 800.00	41.46	ONDULADO
ONDULADO	20.68	2 + 820.00	60.61	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	57.14	2 + 840.00	46.08	ONDULADO
ACCIDENTADO	58.28	2 + 860.00	60.61	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	52.38	2 + 880.00	59.88	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	60.13	2 + 900.00	54.05	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	62.50	2 + 920.00	17.78	ONDULADO
ACCIDENTADO	58.48	2 + 940.00	62.11	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	58.82	2 + 960.00	59.95	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	61.35	2 + 980.00	57.50	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	65.36	3 + 000.00	59.38	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	56.18	3 + 020.00	58.58	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	56.18	3 + 040.00	58.41	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	61.35	3 + 060.00	53.73	ACCIDENTADO
ONDULADO	48.31	3 + 080.00	59.56	ONDULADO
ACCIDENTADO	58.14	3 + 100.00	54.73	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	57.47	3 + 120.00	58.86	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	57.47	3 + 140.00	62.11	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	70.92	3 + 160.00	52.27	ACCIDENTADO
ONDULADO	45.66	3 + 180.00	57.77	ACCIDENTADO
ONDULADO	49.75	3 + 200.00	59.99	ACCIDENTADO
ONDULADO	46.73	3 + 220.00	57.34	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	58.14	3 + 240.00	70.72	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	57.14	3 + 260.00	71.79	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	52.36	3 + 280.00	49.24	ONDULADO
ONDULADO	43.86	3 + 300.00	57.27	ACCIDENTADO
ONDULADO	15.38	3 + 320.00	55.90	ACCIDENTADO
PLANO	9.94	3 + 340.00	57.87	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	39.06	3 + 360.00	51.76	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	90.09	3 + 380.00	41.07	ONDULADO
ONDULADO	43.29	3 + 400.00	14.03	ONDULADO
ONDULADO	39.68	3 + 420.00	16.22	ONDULADO
ACCIDENTADO	66.76	3 + 440.00	45.05	ONDULADO
ONDULADO	42.92	3 + 460.00	67.11	ACCIDENTADO

(...continuación de tabla 3.6)

Tipo de terreno	Izq. (%)	Progresiva	Der. (%)	Tipo de terreno
ACCIDENTADO	58.48	3 + 480.00	49.02	ONDULADO
ONDULADO	42.39	3 + 500.00	67.57	ACCIDENTADO
ONDULADO	33.90	3 + 520.00	45.13	ONDULADO
ACCIDENTADO	55.71	3 + 540.00	52.08	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	59.14	3 + 560.00	61.35	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	59.74	3 + 580.00	64.94	ACCIDENTADO
ONDULADO	44.25	3 + 600.00	61.01	ONDULADO
ACCIDENTADO	66.67	3 + 620.00	51.28	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	60.31	3 + 640.00	31.15	ONDULADO
ONDULADO	41.08	3 + 660.00	81.97	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	62.42	3 + 680.00	64.10	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	50.84	3 + 700.00	52.08	ACCIDENTADO
ACCIDENTADO	53.39	3 + 720.00	50.76	ACCIDENTADO
ONDULADO	38.17	3 + 740.00	28.05	ONDULADO
ONDULADO	39.37	3 + 760.00	35.12	ONDULADO
ACCIDENTADO	65.10	3 + 780.00	25.38	ONDULADO
ACCIDENTADO	50.58	3 + 800.00	22.42	ONDULADO
ONDULADO	39.89	3 + 820.00	19.57	ONDULADO
ONDULADO	41.89	3 + 840.00	27.10	ONDULADO
ONDULADO	41.89	3 + 860.00	16.25	ONDULADO
ONDULADO	20.10	3 + 880.00	22.41	ONDULADO
ONDULADO	23.09	3 + 900.00	18.45	ONDULADO
ONDULADO	26.90	3 + 920.00	28.65	ONDULADO
ONDULADO	28.85	3 + 940.00	25.97	ONDULADO
ONDULADO	17.91	3 + 960.00	24.81	ONDULADO
ONDULADO	24.15	3 + 980.00	27.32	ONDULADO
ONDULADO	25.41	4 + 000.00	23.87	ONDULADO
ONDULADO	29.67	4 + 020.00	26.25	ONDULADO
ONDULADO	27.69	4 + 040.00	19.96	ONDULADO
ONDULADO	27.40	4 + 060.00	18.48	ONDULADO
ONDULADO	25.02	4 + 080.00	27.40	ONDULADO
ONDULADO	39.84	4 + 100.00	24.17	ONDULADO
ONDULADO	16.38	4 + 120.00	36.23	ONDULADO
ONDULADO	20.83	4 + 140.00	34.01	ONDULADO
ONDULADO	20.34	4 + 160.00	38.46	ONDULADO
ONDULADO	30.05	4 + 180.00	40.49	ONDULADO
ONDULADO	17.45	4 + 200.00	22.10	ONDULADO
ONDULADO	48.61	4 + 220.00	36.90	ONDULADO
ONDULADO	38.05	4 + 240.00	26.81	ONDULADO
ONDULADO	16.08	4 + 260.00	27.32	ONDULADO
ONDULADO	18.62	4 + 280.00	22.27	ONDULADO
ONDULADO	37.62	4 + 300.00	21.88	ONDULADO

(...continuación de tabla 3.6)

Tipo de terreno	Izq. (%)	Progresiva	Der. (%)	Tipo de terreno
ONDULADO	27.79	4 + 320.00	22.32	ONDULADO
ONDULADO	27.34	4 + 340.00	20.66	ONDULADO
ONDULADO	19.88	4 + 360.00	20.88	ONDULADO
ONDULADO	21.85	4 + 380.00	17.57	ONDULADO
ONDULADO	21.78	4 + 400.00	12.67	ONDULADO
ONDULADO	15.90	4 + 420.00	9.47	PLANO
ONDULADO	17.26	4 + 440.00	8.80	PLANO
ONDULADO	17.83	4 + 460.00	7.60	PLANO
PLANO	6.40	4 + 480.00	5.53	PLANO
ONDULADO	10.90	4 + 500.00	9.20	PLANO
ONDULADO	11.20	4 + 520.00	1.00	PLANO
PLANO	7.48	4 + 540.00	4.15	PLANO
PLANO	5.13	4 + 560.00	4.27	PLANO
PLANO	7.72	4 + 580.00	13.60	ONDULADO
PLANO	6.40	4 + 600.00	2.70	PLANO
PLANO	6.52	4 + 620.00	14.90	ONDULADO
ONDULADO	10.80	4 + 640.00	21.91	ONDULADO
ONDULADO	26.08	4 + 660.00	4.80	PLANO
ONDULADO	17.17	4 + 680.00	10.20	ONDULADO
PLANO	8.36	4 + 700.00	4.40	PLANO
PLANO	6.80	4 + 720.00	12.72	ONDULADO
PLANO	6.52	4 + 740.00	4.79	PLANO
PLANO	2.97	4 + 760.00	9.20	PLANO
PLANO	3.59	4 + 780.00	5.80	PLANO
PLANO	8.89	4 + 800.00	12.91	ONDULADO
PLANO	6.00	4 + 820.00	13.29	ONDULADO
PLANO	7.84	4 + 840.00	10.40	ONDULADO
PLANO	5.00	4 + 860.00	4.32	PLANO
PLANO	4.60	4 + 880.00	11.34	ONDULADO
PLANO	7.43	4 + 900.00	8.20	PLANO
PLANO	4.20	4 + 920.00	9.45	PLANO
ONDULADO	15.60	4 + 940.00	5.32	PLANO
ONDULADO	11.60	4 + 960.00	5.34	PLANO
ONDULADO	18.40	4 + 980.00	9.65	PLANO
ONDULADO	25.20	5 + 000.00	7.55	PLANO

Fuente: Elaboración propia (2019).

Porcentaje del tipo de relieve existente en la carretera:

PLANO	= 08.57 %
ONDULADO	= 48.01 %
ACCIDENTADO	= 43.03 %
<u>MUY ACCIDENTADO</u>	<u>= 00.40 %</u>
TOTAL	= 100.00 %

De acuerdo a la topografía del terreno la carretera la Shita – Atumpata del km 00+000 al km 05+000, tiene una **topografía predominante ondulada y clima con lluvia moderada, se ubica en la sierra**; tomando en cuenta al ítem 2.2.6 del MDCNPBVT (2005).

3.7. ESTUDIO DE LA GEOMETRÍA DE LA CARRETERA.

Se determinó cada una de las características geométricas de la carretera en planta, perfil y sección transversal y se lo comparó con los parámetros de diseño geométrico que indica el MDCNPBVT (2005); verificando el porcentaje que cumple cada elemento de la geometría de la vía, para verificar si se garantiza, que los vehículos puedan desplazarse de forma cómoda y segura por esta vía.

Para la evaluación de la geometría se consideró como vehículo de diseño un camión de dos ejes (C2), ya que el IMD obtenido es de 4 veh/día, siendo este muy bajo, debido al mal estado actual de la carretera que tiene pendientes fuertes, curvas con radios reducidos entre otros elementos geométricos que no cumplen con lo normado; haciendo que solo circulen por esta vía vehículos comerciales como camiones (C2), diseñados para el transporte de carga y vehículos ligeros camionetas pick up para el transporte de personas.

3.7.1. Vehículo de diseño.

El vehículo de diseño es un camión de 2 ejes (C2), diseñado para el transporte de mercancía.

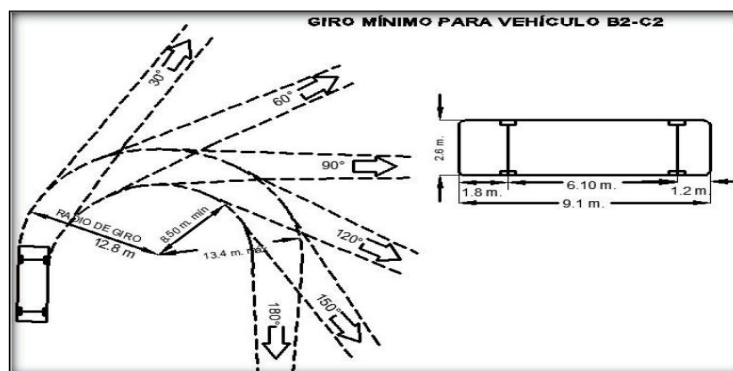


Figura 3.4. Características del vehículo de diseño.

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (DG – 2001)

El vehículo de diseño, 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.

3.7.2. Características de las curvas horizontales.

A partir del levantamiento topográfico y el trabajo de gabinete se obtuvo la poligonal abierta de la carretera y se trazaron las curvas que definían a la carretera y así conocer las características de las curvas horizontales, a partir de los radios actuales de las curvas existentes y sus deflexiones, se obtuvieron sus respectivos elementos de curva, para que con esto posteriormente se pueda evaluar los parámetros de diseño.

A continuación, se muestra el cálculo de los elementos de la primera curva horizontal, y el mismo procedimiento se siguió para las demás curvas:

Curva 01:

DATOS:

Ángulo de deflexión (I)= 28° 55' 13"

Radio (R) = 50 m.

Progresiva. PI = Km 0+037.69

TANGENTE (T):

$$T = R * \tan \left(\frac{I}{2} \right)$$

$$T = 50 * \tan \left(\frac{28^{\circ}55'13''}{2} \right)$$

$$T = 12.89 \text{ m}$$

CUERDA (C):

$$C = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{I}{2} \right)$$

$$C = 2 * 50 * \text{sen} ((28^\circ 55' 13'') / 2)$$

$$C = 24.97 \text{ m}$$

FLECHA (F):

$$F = R * \left[1 - \cos \left(\frac{I}{2} \right) \right]$$

$$F = 50 * [1 - \cos ((28^\circ 55' 13'') / 2)]$$

$$F = 1.58 \text{ m}$$

EXTERNA (E):

$$E = R * \left[\sec \left(\frac{I}{2} \right) - 1 \right]$$

$$E = 50 * [\sec ((28^\circ 55' 13'') / 2) - 1]$$

$$E = 1.64 \text{ m}$$

LONGITUD DE CURVA (Lc):

$$Lc = 2 * \pi * R * \left(\frac{I}{360} \right)$$

$$Lc = 2 * \pi * 50 * ((28^\circ 55' 13'') / 360)$$

$$Lc = 25.24 \text{ m}$$

SOBREANCHO (Sa):

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

- Número de carriles: $n = 1$
- Radio de curva: $R = 50.00 \text{ m}$
- Distancia entre el eje posterior y parte frontal: $L = 7.3 \text{ m}$
- Velocidad directriz: $V = 20 \text{ km/h}$

$$Sa = 1 * (50 - (50^2 - 7.3^2)^{0.5}) + 20 / (10 * 50^{0.5})$$

$$Sa = 0.80 \text{ m}$$

Cálculo de peralte y longitud de transición de peralte.

Se hizo de acuerdo al cuadro 3.2.6.1.d del MDCNPBVT (2005), para una $V = 20$ Km/h y por ser una zona rural de relieve ondulado, se le considerará una pendiente máxima de 8%; a partir de los datos del cuadro siguiente se halló dos funciones que puedan ser compatibles con los datos de la tabla, para así poder hallar el peralte y longitud de transición, para radios que no se encuentren en la tabla.

Tabla 3. 7.

Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo=8%.

R	V=20 Km/h		R	V=20 Km/h		R	V=20 Km/h	
(m)	(%)	L(m)	(m)	(%)	L(m)	(m)	(%)	L(m)
7000	BN	0	700	BN	0	110	2.5	11
5000	BN	0	600	BN	0	100	2.7	12
3000	BN	0	500	BN	0	90	3	14
2500	BN	0	400	BN	0	80	3.3	15
2000	BN	0	300	BN	0	70	3.6	16
1500	BN	0	250	BN	0	60	4.1	18
1400	BN	0	200	BN	0	50	4.6	21
1300	BN	0	175	BH	9	40	5.2	23
1200	BN	0	150	BH	9	30	5.9	27
1000	BN	0	140	BH	9	20	7.1	32
900	BN	0	130	2.2	10	10	8	36
800	BN	0	120	2.3	10			

Fuente: MDCNPBVT (2005).

Donde:

-L: Longitud de transición de peralte

- BN: Sección con bombeo normal

-BH: Sección con bombeo adverso horizontalizado

- R: Radio.

Tabla 3.8.

Características de las curvas horizontales.

Curva	N°	S	I		R	T	Lc	C	E	M	Sa	P	(%)	Ltp (m)
	PI		gra.	min	seg	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
C1	1	D	28°	55'	13"	50	12.89	25.24	24.97	1.64	1.58	0.8	4.6	21.0
C2	2	I	50°	34'	34"	10	4.72	8.83	8.54	1.06	0.96	3.8	8.0	36.0
C3	3	D	61°	29'	10"	10	5.95	10.73	10.22	1.64	1.41	3.8	8.0	36.0
C4	4	I	16°	54'	26"	50	7.43	14.75	14.70	0.55	0.54	0.8	4.6	21.0
C5	5	I	25°	43'	17"	20	4.57	8.98	8.90	0.51	0.50	1.8	7.1	32.0
C6	6	D	20°	28'	45"	25	4.52	8.94	8.89	0.40	0.40	1.5	6.5	29.5
C7	7	I	50°	23'	46"	15	7.06	13.19	12.77	1.58	1.43	2.4	7.6	34.0

(...continuación de tabla 3.8)

Curva	N° PI	S	I gra.	I min	I seg	R (m)	T (m)	Lc (m)	C (m)	E (m)	M (m)	Sa (m)	P (%)	Ltp (m)
C8	8	D	11°	38'	22"	150	15.29	30.47	30.42	0.78	0.77	0.3	BH	9.0
C9	9	I	18°	8'	21"	35	5.59	11.08	11.03	0.44	0.44	1.1	5.6	25.0
C10	10	D	26°	8'	53"	30	6.97	13.69	13.57	0.80	0.78	1.3	5.9	27.0
C11	11	I	12°	17'	26"	100	10.77	21.45	21.41	0.58	0.57	0.5	2.7	12.0
C12	12	D	32°	3'	36"	80	22.98	44.76	44.18	3.24	3.11	0.6	3.3	15.0
C13	13	D	25°	52'	36"	50	11.49	22.58	22.39	1.30	1.27	0.8	4.6	21.0
C14	14	I	16°	16'	51"	140	20.03	39.78	39.65	1.42	1.41	0.4	BH	9.0
C15	15	I	49°	4'	28"	50	22.83	42.83	41.53	4.96	4.52	0.8	4.6	21.0
C16	16	D	44°	21'	13"	30	12.23	23.22	22.65	2.40	2.22	1.3	5.9	27.0
C17	17	I	29°	9'	11"	15	3.90	7.63	7.55	0.50	0.48	2.4	7.6	34.0
C18	18	D	52°	23'	0"	12	5.90	10.97	10.59	1.37	1.23	3.1	7.8	35.2
C19	19	I	38°	24'	5"	19	6.62	12.73	12.50	1.12	1.06	1.9	7.2	32.4
C20	20	D	19°	48'	5"	11	1.92	3.80	3.78	0.17	0.16	3.4	7.9	35.6
C21	21	I	31°	17'	42"	18	5.04	9.83	9.71	0.69	0.67	2.0	7.3	32.8
C22	22	D	15°	16'	5"	115	15.41	30.64	30.55	1.03	1.02	0.4	2.4	10.5
C23	23	I	42°	12'	45"	6	2.32	4.42	4.32	0.43	0.40	-	8.4	37.6
C24	24	D	34°	37'	25"	8	2.49	4.83	4.76	0.38	0.36	5.4	8.2	36.8
C25	25	D	13°	1'	13"	40	4.56	9.09	9.07	0.26	0.26	1.0	5.2	23.0
C26	26	I	40°	17'	49"	65	23.85	45.72	44.78	4.24	3.98	0.7	3.9	17.0
C27	27	D	14°	31'	35"	105	13.38	26.62	26.55	0.85	0.84	0.4	2.6	11.5
C28	28	D	28°	44'	47"	13	3.33	6.52	6.45	0.42	0.41	2.8	7.7	34.8
C29	29	D	24°	10'	20"	55	11.78	23.20	23.03	1.25	1.22	0.8	4.4	19.5
C30	30	I	7°	41'	26"	60	4.03	8.05	8.05	0.14	0.14	0.7	4.1	18.0
C31	31	I	86°	31'	22"	7	6.59	10.57	9.59	2.61	1.90	-	8.3	37.2
C32	32	I	30°	56'	49"	40	11.07	21.61	21.34	1.50	1.45	1.0	5.2	23.0
C33	33	D	15°	11'	22"	100	13.33	26.51	26.43	0.88	0.88	0.5	2.7	12.0
C34	34	D	12°	59'	53"	90	10.25	20.42	20.37	0.58	0.58	0.5	3.0	14.0
C35	35	D	10°	50'	12"	120	11.38	22.70	22.66	0.54	0.54	1.0	2.3	10.0
C36	36	D	88°	18'	46"	6	5.83	9.25	8.36	2.36	1.70	-	8.4	37.6
C37	37	D	67°	20'	55"	10	6.66	11.75	11.09	2.02	1.68	3.8	8.0	36.0
C38	38	I	14°	15'	51"	135	16.89	33.61	33.52	1.05	1.04	1.0	2.1	9.5
C39	39	I	25°	11'	38"	48	10.73	21.11	20.94	1.18	1.16	1.0	4.7	21.4
C40	40	I	151°	25'	54"	4	15.71	10.57	7.75	12.21	3.01	-	8.5	38.4
C41	41	D	35°	25'	36"	50	15.97	30.92	30.43	2.49	2.37	0.8	4.6	21.0
C42	42	I	9°	22'	14"	185	15.16	30.26	30.22	0.62	0.62	1.0	BN	5.4
C43	43	D	68°	36'	28"	6	4.09	7.18	6.76	1.26	1.04	1.0	8.4	37.6
C44	44	D	105°	26'	6"	5	6.57	9.20	7.96	3.25	1.97	-	8.5	38.0
C45	45	I	21°	12'	36"	18	3.37	6.66	6.63	0.31	0.31	2.0	7.3	32.8
C46	46	D	12°	55'	47"	105	11.90	23.69	23.64	0.67	0.67	0.4	2.5	11.5
C47	47	I	6°	49'	38"	240	14.32	28.60	28.58	0.43	0.43	1.0	BN	0.0
C48	48	I	65°	17'	31"	6	3.84	6.84	6.47	1.13	0.95	1.0	8.4	37.6
C49	49	I	103°	33'	4"	4	5.08	7.23	6.28	2.46	1.53	-	8.5	38.4
C50	50	D	15°	52'	26"	25	3.49	6.93	6.90	0.24	0.24	1.5	6.5	29.5
C51	51	I	6°	21'	16"	250	13.88	27.73	27.71	0.38	0.38	0.2	BN	0.0

(...continuación de tabla 3.8)

Curva	N° PI	S	I		R (m)	T (m)	Lc (m)	C (m)	E (m)	M (m)	Sa (m)	P (%)	Ltp (m)
			gra.	min seg									
C52	52	D	37°	17' 52"	45	15.19	29.29	28.78	2.49	2.36	1.0	4.9	22.0
C53	53	D	156°	38' 21"	4	19.35	10.94	7.83	15.76	3.19	1.0	8.5	38.4
C54	54	I	44°	44' 58"	35	14.41	27.34	26.65	2.85	2.64	1.1	5.6	25.0
C55	55	D	14°	1' 39"	55	6.77	13.47	13.43	0.41	0.41	0.8	4.4	19.5
C56	56	D	6°	24' 21"	55	3.08	6.15	6.15	0.09	0.09	0.8	4.1	19.5
C57	57	I	13°	18' 35"	155	18.08	36.01	35.93	1.05	1.04	0.3	BH	9.0
C58	58	I	72°	5' 46"	4	2.91	5.03	4.71	0.95	0.77	1.0	8.5	38.4
C59	59	I	97°	27' 55"	4	4.56	6.80	6.01	2.06	1.36	1.0	8.5	38.4
C60	60	D	25°	5' 50"	110	24.48	48.18	47.80	2.69	2.63	0.4	2.5	11.0
C61	61	I	11°	55' 47"	90	9.40	18.74	18.71	0.49	0.49	0.5	3.0	14.0
C62	62	D	16°	8' 49"	190	26.95	53.55	53.37	1.90	1.88	0.3	BN	3.6
C63	63	D	68°	56' 48"	8	5.49	9.63	9.06	1.70	1.40	5.4	8.2	36.8
C64	64	D	85°	20' 14"	4	3.69	5.96	5.42	1.44	1.06	1.0	8.5	38.4
C65	65	I	96°	36' 18"	6	6.73	10.12	8.96	3.02	2.01	1.0	8.4	37.6
C66	66	I	75°	4' 58"	8	6.15	10.48	9.75	2.09	1.66	1.0	8.2	36.8
C67	67	D	53°	21' 47"	50	25.13	46.57	44.90	5.96	5.32	0.8	4.6	21.0
C68	68	D	79°	2' 25"	4	3.30	5.52	5.09	1.19	0.91	1.0	8.5	38.4
C69	69	D	76°	16' 14"	5	3.93	6.66	6.18	1.36	1.07	1.0	8.5	38.0
C70	70	I	34°	44' 10"	18	5.63	10.91	10.75	0.86	0.82	2.0	7.3	32.8
C71	71	D	6°	52' 37"	135	8.11	16.20	16.19	0.24	0.24	0.4	2.1	9.5
C72	72	I	20°	24' 34"	200	36.00	71.24	70.87	3.21	3.16	0.3	BN	0.0
C73	73	I	28°	27' 45"	45	11.41	22.35	22.13	1.42	1.38	0.9	4.9	22.0
C74	74	D	9°	33' 30"	140	11.70	23.36	23.33	0.49	0.49	0.4	BH	9.0
C75	75	I	25°	14' 53"	10	2.24	4.41	4.37	0.25	0.24	3.8	8.0	36.0
C76	76	D	52°	22' 48"	45	22.13	41.14	39.72	5.15	4.62	0.9	4.9	22.0
C77	77	I	53°	11' 3"	6	3.00	5.57	5.37	0.71	0.63	-	8.4	37.6
C78	78	I	76°	2' 56"	9	7.04	11.95	11.09	2.42	1.91	4.4	8.1	36.4
C79	79	I	81°	48' 2"	6	5.20	8.57	7.86	1.94	1.46	-	8.4	37.6
C80	80	D	42°	31' 23"	10	3.89	7.42	7.25	0.73	0.68	3.8	8.0	36.0
C81	81	I	13°	12' 56"	110	12.74	25.37	25.32	0.74	0.73	0.4	2.5	11.0
C82	82	I	11°	26' 29"	50	5.01	9.98	9.97	0.25	0.25	0.8	4.6	21.0
C83	83	D	11°	0' 11"	250	24.08	48.01	47.94	1.16	1.15	0.2	BN	0.0
C84	84	D	36°	15' 4"	58	18.99	36.70	36.09	3.03	2.88	0.7	4.2	18.6
C85	85	D	68°	28' 34"	23	15.65	27.49	25.88	4.82	3.99	1.6	6.7	30.5
C86	86	D	7°	39' 1"	400	26.74	53.41	53.37	0.89	0.89	0.2	BN	0.0
C87	87	I	10°	49' 23"	200	18.95	37.78	37.72	0.90	0.89	0.3	BN	0.0
C88	88	D	38°	21' 17"	12	4.17	8.03	7.88	0.71	0.67	3.1	7.8	35.2
C89	89	I	50°	53' 2"	45	21.41	39.96	38.66	4.83	4.36	0.9	4.9	22.0
C90	90	I	40°	9' 26"	85	31.07	59.57	58.36	5.50	5.17	0.5	3.2	14.5
C91	91	I	7°	1' 55"	140	8.60	17.18	17.17	0.26	0.26	0.4	BH	9.0
C92	92	I	28°	12' 4"	25	6.28	12.31	12.18	0.78	0.75	1.5	6.5	29.5
C93	93	I	59°	29' 3"	20	11.43	20.76	19.84	3.03	2.63	1.8	7.1	32.0
C94	94	D	33°	55' 4"	50	15.25	29.60	29.17	2.27	2.17	0.8	4.6	21.0
C95	95	D	35°	41' 36"	40	12.88	24.92	24.52	2.02	1.92	1.0	5.2	23.0

(...continuación de tabla 3.8)

Curva	N° PI	S	I		R	T	Lc	C	E	M	Sa	P	(%)	Ltp (m)
			gra.	min	seg	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
C96	96	I	14°	31'	46"	85	10.84	21.55	21.50	0.69	0.68	0.5	3.2	14.5
C97	97	I	22°	23'	8"	60	11.87	23.44	23.29	1.16	1.14	0.7	4.1	18.0
C98	98	I	22°	46'	39"	180	36.26	71.56	71.09	3.62	3.54	0.3	BH	7.2
C99	99	D	58°	55'	37"	25	14.12	25.71	24.59	3.71	3.23	1.5	6.5	29.5
C100	100	D	48°	15'	5"	35	15.68	29.48	28.61	3.35	3.06	1.1	5.6	25.0
C101	101	I	50°	42'	17"	60	28.43	53.10	51.38	6.39	5.78	0.7	4.1	18.0
C102	102	D	69°	36'	33"	15	10.43	18.22	17.12	3.27	2.68	2.4	7.6	34.0
C103	103	D	57°	18'	0"	35	19.12	35.00	33.56	4.88	4.29	1.1	5.6	25.0
C104	104	D	6°	55'	52"	300	18.17	36.29	36.27	0.55	0.55	0.2	BN	0.0

Fuente: Elaboración propia (2019).

Distancia de visibilidad (D.V.).

En carreteras de muy bajo volumen de tránsito, de un solo carril y tráfico en dos direcciones, la distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondiente a la visibilidad de parada (Dp) según el MDCNPBVT (2005), de tal forma que:

$$Dp = \frac{V * t_p}{3.6} + \frac{V^2}{254(f \pm i)}$$

V = Velocidad de diseño en Km/h.

f = factor máximo de fricción.

t_p = Tiempo de percepción en seg.

i = Pendiente en %

Entonces:

$$D.V. = 2 * Dp$$

A continuación, se muestra el cálculo de la distancia de visibilidad del primer tramo que tiene:

Tramo 01 (km 00+000.00 – km 00+078.48):

DATOS:

V = 20.00 Km/h.

f = 0.18.

t_p = 2 seg.

i = 8.49 %

Entonces:

$$Dp = \frac{20 * 2}{3.6} + \frac{20^2}{254(0.18 + 7.84)}$$

$$Dp = 11.29 \text{ m}$$

$$D.V. = 2 * 11.29$$

$$D.V. = 22.58 \text{ m}$$

Tabla 3.9.

Distancias de visibilidad de parada (DVP).

Punto inicial	Punto final	Pendiente actual (i)	DVP (m)	DV para un solo carril con tráfico en dos direcciones (m)
0+000.00	0+078.48	8.49%	11.29	22.58
0+078.48	0+453.50	11.44%	11.25	22.50
0+453.50	0+597.55	3.86%	11.50	23.00
0+597.55	0+819.27	14.17%	11.22	22.44
0+819.27	0+868.07	9.77%	11.27	22.54
0+868.07	1+184.39	14.55%	11.22	22.44
1+184.39	1+621.19	12.08%	11.24	22.48
1+621.19	1+830.64	16.32%	11.21	22.42
1+830.64	2+499.60	11.99%	11.24	22.48
2+499.60	2+621.73	5.64%	11.38	22.76
2+621.73	2+774.25	14.12%	11.22	22.44
2+774.25	3+135.74	11.71%	11.24	22.48
3+135.74	3+240.12	8.35%	11.30	22.60
3+240.12	3+380.20	17.85%	11.20	22.40
3+380.20	3+952.31	11.28%	11.25	22.50
3+952.31	4+090.88	-2.23%	10.34	20.68
4+090.88	4+194.64	7.16%	11.33	22.66
4+194.64	4+347.04	-0.39%	3.61	7.22
4+347.04	4+433.57	6.66%	11.34	22.68
4+433.57	4+489.95	0.94%	12.52	25.04
4+489.95	4+648.21	8.71%	11.29	22.58
4+648.21	4+717.23	-8.13%	10.91	21.82
4+717.23	4+920.00	2.34%	11.74	23.48
4+920.00	5+000.00	9.14%	11.28	22.56

Fuente: Elaboración propia (2019).

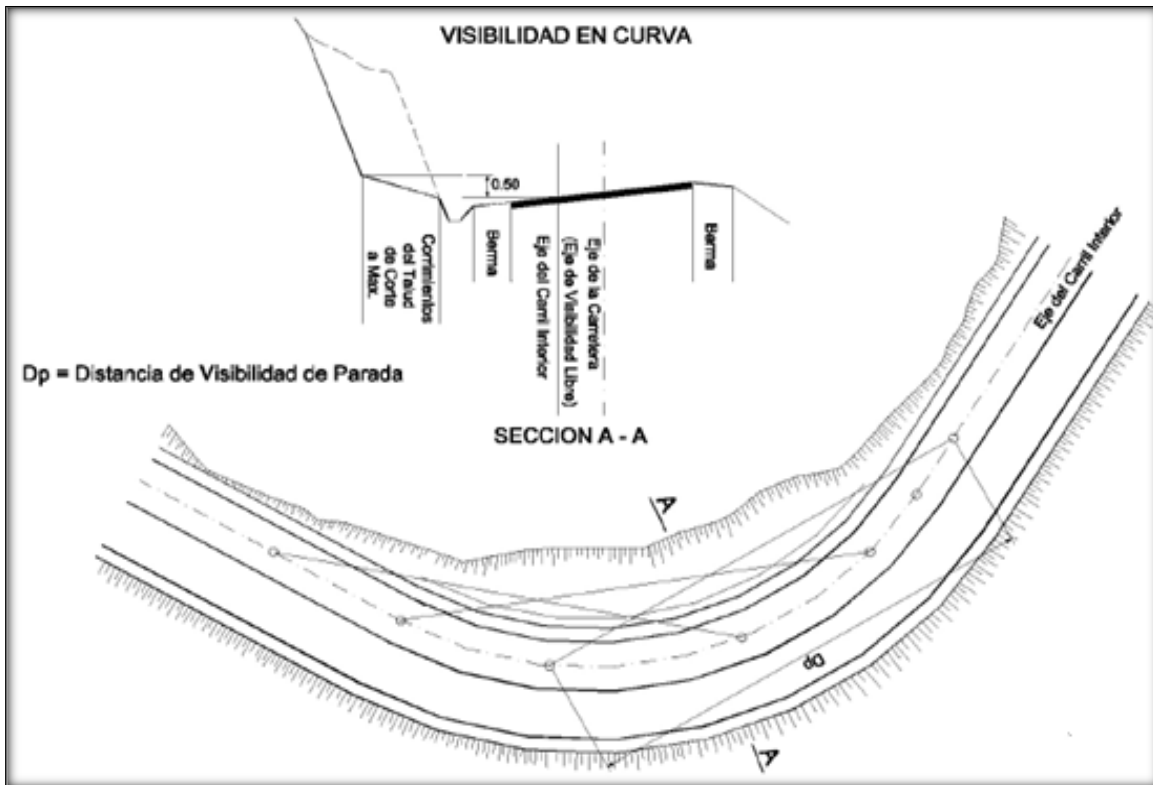


Figura 3. 5. Visibilidad en curva (vista en planta).
Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (DG – 2001)

Distancia de visibilidad en curvas horizontales.

Para la evaluación de la distancia de visibilidad el MDCNPBVT (2005) indica que, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será, por lo menos, igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

El mínimo ancho que deberá quedar libre de obstrucciones a la visibilidad, será calculado por la expresión siguiente:

$$M = R \left(1 - \cos \frac{28.65S}{R} \right)$$

M = Ordenada medía o ancho mínimo libre

R = Radio de la curva horizontal

S = Distancia de visibilidad

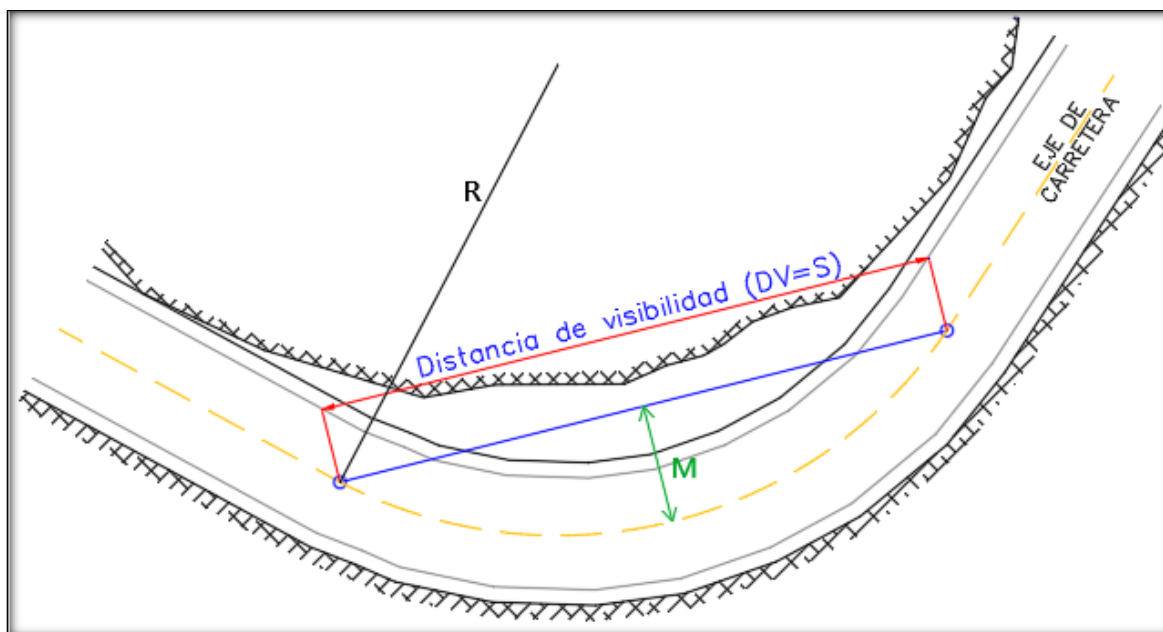


Figura 3. 6. Distancia de visibilidad en curva horizontal.
Fuente: Elaboración propia (2019).

A continuación, se muestra el cálculo de la distancia de visibilidad de la primera curva horizontal usando la siguiente expresión:

$$M = R \left(1 - \cos \frac{28.65S}{R} \right)$$

$$R = 50 \text{ m}$$

$$S = DV = 22.58 \text{ m.}$$

Reemplazando datos en la expresión anterior se tiene:

$$M = 50 \left(1 - \cos \frac{28.65 * 22.48}{50} \right)$$

$$M = 1.27 \text{ m}$$

Tabla 3.10.

Ancho mínimo libre de obstrucciones a la visibilidad.

N° de curva	Progr.	Necesita ser evaluado	Distancia de visibilidad (DV = S)	Radio de la curva horizontal (R)	Ancho mínimo libre (M)
C1	0+037.69	si	22.58	50	1.27
C2	0+062.92	no	-	-	-
C3	0+125.56	si	22.50	10	5.69
C4	0+164.24	no	-	-	-
C5	0+211.51	no	-	-	-
C6	0+240.64	si	22.50	25	2.49
C7	0+286.54	no	-	-	-
C8	0+314.34	no	-	-	-

(...continuación de tabla 3.10)

N° de curva	Progr.	Necesita ser evaluado	Distancia de visibilidad (DV = S)	Radio de la curva horizontal (R)	Ancho mínimo libre (M)
C9	0+435.75	no	-	-	-
C10	0+459.19	si	23.00	30	2.18
C11	0+498.56	no	-	-	-
C12	0+607.14	si	22.48	80	0.79
C13	0+668.67	si		50	0.00
C14	0+714.57	no	-	-	-
C15	0+775.62	no	-	-	-
C16	0+827.28	si	22.42	30	2.07
C17	0+887.68	no	-	-	-
C18	0+902.50	si	22.44	12	4.87
C19	0+947.63	no	-	-	-
C20	0+974.86	si	22.44	11	5.24
C21	1+000.19	no	-	-	-
C22	1+027.82	si	22.44	115	0.55
C23	1+077.74	no	-	-	-
C24	1+096.16	si	22.44	8	6.66
C25	1+126.96	si	22.44	40	1.56
C26	1+173.20	no	-	-	-
C27	1+263.18	si	22.48	105	0.60
C28	1+301.97	si	22.48	13	4.56
C29	1+345.10	si	22.48	55	1.14
C30	1+379.58	no	-	-	-
C31	1+440.98	no	-	-	-
C32	1+460.34	no	-	-	-
C33	1+519.11	si	22.48	100	0.63
C34	1+583.59	si	22.48	90	0.70
C35	1+621.77	si	22.42	120	0.52
C36	1+661.54	si	22.42	6	7.76
C37	1+672.09	si	22.42	10	5.65
C38	1+730.14	si	22.42	135	0.47
C39	1+794.27	si	22.42	48	1.30
C40	1+826.57	si	22.42	4	7.77
C41	1+841.36	si	22.48	50	1.26
C42	1+885.65	no	-	-	-
C43	1+938.32	si	22.48	6	7.79
C44	1+948.32	si	22.48	5	8.13
C45	1+964.43	si	22.48	18	3.40
C46	2+012.04	no	-	-	-
C47	2+058.57	no	-	-	-
C48	2+092.13	si	22.48	6	7.79

(...continuación de tabla 3.10)

N° de curva	Progr.	Necesita ser evaluado	Distancia de visibilidad (DV = S)	Radio de la curva horizontal (R)	Ancho mínimo libre (M)
C49	2+100.67	si	22.48	4	7.78
C50	2+115.38	si	22.48	25	2.48
C51	2+175.09	no	-	-	-
C52	2+240.42	si	22.48	45	1.40
C53	2+275.44	si	22.48	4	7.78
C54	2+292.45	si	22.48	35	1.79
C55	2+327.74	no	-	-	-
C56	2+349.48	no	-	-	-
C57	2+441.60	no	-	-	-
C58	2+464.02	si	22.48	4	7.78
C59	2+471.60	si	22.48	4	7.78
C60	2+500.46	si	22.76	110	0.59
C61	2+565.60	no	-	-	-
C62	2+617.29	no	-	-	-
C63	2+678.57	si	22.44	8	6.66
C64	2+686.40	si	22.44	4	7.78
C65	2+746.82	si	22.44	6	7.77
C66	2+757.65	si	22.44	8	6.66
C67	2+812.68	si	22.48	50	1.26
C68	2+839.27	si	22.48	4	7.78
C69	2+846.13	si	22.48	5	8.13
C70	2+862.22	si	22.48	18	3.40
C71	2+930.10	no	-	-	-
C72	3+007.44	no	-	-	-
C73	3+091.59	si	22.48	45	1.40
C74	3+191.08	no	-	-	-
C75	3+225.50	si	22.60	10	5.73
C76	3+266.30	no	-	-	-
C77	3+298.54	si	22.40	6	7.75
C78	3+347.31	si	22.40	9	6.12
C79	3+358.59	si	22.40	6	7.75
C80	3+395.03	si	22.50	10	5.69
C81	3+419.34	no	-	-	-
C82	3+480.36	no	-	-	-
C83	3+552.67	no	-	-	-
C84	3+611.40	si	22.50	58	1.09
C85	3+644.93	si	22.50	23	2.70
C86	3+708.06	no	-	-	-
C87	3+817.27	no	-	-	-
C88	3+851.92	si	22.50	12	4.90

(...continuación de tabla 3.10)

N° de curva	Progr.	Necesita ser evaluado	Distancia de visibilidad (DV = S)	Radio de la curva horizontal (R)	Ancho mínimo libre (M)
C89	3+888.75	no	-	-	-
C90	3+911.82	no	-	-	-
C91	4+008.13	no	-	-	-
C92	4+052.72	no	-	-	-
C93	4+150.43	no	-	-	-
C94	4+184.23	si	22.66	50	1.28
C95	4+218.74	si	7.22	40	0.16
C96	4+244.33	no	-	-	-
C97	4+331.26	no	-	-	-
C98	4+466.28	no	-	-	-
C99	4+527.87	no	-	-	-
C100	4+577.58	no	-	-	-
C101	4+647.95	no	-	-	-
C102	4+719.24	no	-	-	-
C103	4+753.35	no	-	-	-
C104	4+938.20	no	-	-	-

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.7.3. Características de las curvas verticales.

Las características de las curvas verticales, se obtuvo a partir del perfil, generado en el levantamiento topográfico, como son las pendientes, longitud de curva, índices de curvatura. Se presenta el cálculo de los índices de curvatura a partir de las longitudes de curva vertical y pendientes actuales, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$K = L / A$$

Donde:

K: Índice de curvatura

L: Longitud de curva

A: Diferencia algebraica de pendientes

A continuación, se muestra el cálculo del índice de curvatura (K) de una curva vertical:

Curva vertical 01:

DATOS:

L= 60 m

A= 8.49 % – 11.44 % = -2.95%

$$K = \frac{60}{2.95} = 20.34$$

Tabla 3.11.

Cálculo del índice de curvatura (K) actual.

Nº Curva Vertical	Tipo de Curva	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Diferencia algebraica de pendientes (A)	Longitud de la curva actual (m)	K Actual
1	cóncava	8.49%	11.44%	2.95%	60	20.34
2	convexa	11.44%	3.86%	7.58%	65	8.58
3	cóncava	3.86%	14.17%	10.31%	40	3.88
4	convexa	14.17%	9.77%	4.40%	25	5.68
5	cóncava	9.77%	14.55%	4.78%	18	3.77
6	convexa	14.55%	12.08%	2.47%	150	60.73
7	cóncava	12.08%	16.32%	4.24%	70	16.51
8	convexa	16.32%	11.99%	4.33%	75	17.32
9	convexa	11.99%	5.64%	6.35%	35	5.51
10	cóncava	5.64%	14.12%	8.48%	20	2.36
11	convexa	14.12%	11.71%	2.41%	150	62.24
12	convexa	11.71%	8.35%	3.36%	50	14.88
13	cóncava	8.35%	17.85%	9.50%	55	5.79
14	convexa	17.85%	11.28%	6.57%	50	7.61
15	convexa	11.28%	-2.23%	13.51%	60	4.44
16	cóncava	-2.23%	7.16%	9.39%	50	5.32
17	convexa	7.16%	-0.39%	7.55%	30	3.97
18	cóncava	-0.39%	6.66%	7.05%	25	3.55
19	convexa	6.66%	0.94%	5.72%	50	8.74
20	cóncava	0.94%	8.71%	7.77%	20	2.57
21	convexa	8.71%	-8.13%	16.84%	40	2.38
22	cóncava	-8.13%	2.34%	10.47%	20	1.91
23	cóncava	2.34%	9.14%	6.80%	40	5.88

Fuente: Elaboración propia (2019).

Longitud calculada de las curvas verticales.

El cálculo de la longitud de las curvas verticales se hizo de acuerdo a la ecuación 2.4 ($L=K * A$), para una velocidad directriz de 20 Km/h, utilizando la tabla 2.4 donde para una curva convexa $K = 0.6$ y de la tabla 2.5 para una curva cóncava $K = 2.1$. Así de la primera curva se tiene:

V= 20 km/h

Tipo de curva vertical: *Cóncava*

K= 0.6 (de la tabla 2.2.6.2.2)

A= - 2.95 (de la tabla 3.7.3.1).

L = K*A = 2.1*2.95 = **6.20 m**

Tabla 3.12.

Cálculo de las longitudes de curvas verticales.

Nº de curva vertical	Tipo de curva	Diferencia algebraica de pendientes (A)	Índice de curvatura K	Longitud de la curva vertical calculada (m)
1	cóncava	2.95%	2.1	6.20
2	convexa	7.58%	0.6	4.55
3	cóncava	10.31%	2.1	21.65
4	convexa	4.40%	0.6	2.64
5	cóncava	4.78%	2.1	10.04
6	convexa	2.47%	0.6	1.48
7	cóncava	4.24%	2.1	8.90
8	convexa	4.33%	0.6	2.60
9	convexa	6.35%	0.6	3.81
10	cóncava	8.48%	2.1	17.81
11	convexa	2.41%	0.6	1.45
12	convexa	3.36%	0.6	2.02
13	cóncava	9.50%	2.1	19.95
14	convexa	6.57%	0.6	3.94
15	convexa	13.51%	0.6	8.11
16	cóncava	9.39%	2.1	19.72
17	convexa	7.55%	0.6	4.53
18	cóncava	7.05%	2.1	14.81
19	convexa	5.72%	0.6	3.43
20	cóncava	7.77%	2.1	16.32
21	convexa	16.84%	0.6	10.10
22	cóncava	10.47%	2.1	21.99
23	cóncava	6.80%	2.1	14.28

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.7.4. Parámetros de diseño según el MDCNPBVT (2005).

Para ello en la tabla siguiente se observa los parámetros de diseño geométrico que están establecidos en el MDCNPBVT (2005).

Tabla 3.13.
parámetros de diseño geométrico según el MDCNPBVT.

Parámetro	Según MDCNPBVT	Tabla utilizada	Observaciones
Radio	10m mínimo	Tabla 2.8	
Velocidad directriz (v)	20 km/h	Tabla 2.8	En función al radio mínimo.
Ancho mínimo de Calzada	3.50m	Tabla 2.9	Se consideró un solo carril.
Ancho mínimo de bermas	0.5m	Ítem 2.2.8 parte “d”	El mínimo a cada lado.
Plazoletas de estacionamiento	cada 500m	Ítem 2.2.8 parte “e”	Mínimo de 3.00m x 30.00 m.
Pendientes	mín. 0.5% máx. 10%	Ítem 2.2.8 parte “f” Tabla 2.10	Es un terreno ondulado y gran parte también se tiene terreno montañoso.
Distancias de visibilidad	variado	Tabla 3.9	Un solo carril de doble sentido
Peraltes	8% máximo	Tabla 3.7	para una V=20km/h y relieve ondulado.
Longitud de transición de peralte	variado	tabla 3.8	
Sobreechancho	variado	tabla 3.8	V=20 km/h
Taludes (V:H)	corte: 3:1 relleno: 1:1.5	Tabla 2.14 Tabla 2.15	Suelos diversos compactados.
Longitud de curva horizontal	variado	Ítem 2.2.6.1	
Longitud de curvas verticales	variado	Tabla 3.7.3.2	
Derecho de vía	15 m	Tabla 2.6	7.5 m a cada lado del eje.

Fuente: Elaboración según el MDCNPBVT (2005).

3.7.5. Cunetas y drenaje.

Al recolectar la información sobre las características geométricas de la vía en estudio, se pudo observar que no hay cunetas en todo el tramo de la vía, así como no se observó obras de arte para drenaje.

3.8. DOTACIÓN VIAL.

La carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00, estudiada en la presente tesis, no presenta ningún tipo de señalización ya sea horizontal o vertical de la vía, que debería existir porque que tienen un importante papel en la seguridad de una carretera.

3.9. VELOCIDADES DE OPERACIÓN DEL PERCENTIL 85 ESTIMADAS EN CURVAS Y TANGENTES.

Se calculó la velocidad de operación en cada sitio a lo largo del tramo, para las curvas horizontales se utilizó el modelo desarrollado por Fitzpatrick (2000) y para las tangentes se utilizó el modelo propuesto por Lamm (1999), que se presentan en la tabla 2.16 y figura 2.2 respectivamente del marco teórico. A continuación, se muestra algunas velocidades de operación estimadas, en curvas y tangentes como ejemplo, utilizando las diferentes fórmulas dadas:

- Velocidad de operación en curvas horizontales.

Se presenta el cálculo de la velocidad de operación en curvas horizontales, de la carretera en estudio, utilizando el modelo desarrollado por Fitzpatrick, ver tabla 3.15, usando las formulas y casos de la tabla 3.14.

Tabla 3.14.

Condiciones de alineamiento.

Condiciones de alineamiento	Ecuación	Tipos de pendiente
Curvas horizontales sobre pendiente (-9 % < i < - 4 %)	$V(85)=102.10-(3077.13/R)$	P1
Curvas horizontales sobre pendiente (-4 % < i < 0 %)	$V(85)=105.98-(3709.90/R)$	P2
Curvas horizontales sobre pendiente (0 % < i < 4 %)	$V(85)=104.82-(3574.51/R)$	P3
Curvas horizontales sobre pendiente (4 % < i < 9 %)	$V(85)=96.61-(2752.19/R)$	P4
Curva horizontal combinada con curva cóncava	$V(85)=105.32-(3438.19/R)$	P5
Curva horizontal combinada con curva convexa	Considerar caso 2	P6

Fuente: Elaboración propia (2019).

- **Curva del PI-04**, curva horizontal con pendiente 11.44% > 9%, caso de pendiente P4

$$V(85) = 96.61 - (2752.19/R) \text{ km/h} \dots\dots\dots (P4)$$

$$\text{Radio} = 50 \text{ m.}$$

$$\text{Tipo de pendiente} = P4$$

$$V(85) = 96.61 - (2752.19 / 50) \text{ km/h}$$

$$V(85) = 42 \text{ km/h.}$$

- **Curva del PI-11**, curva horizontal con pendiente 0% < 3.89% < 4%, caso de pendiente P3

$$V(85) = 104.82 - (3574.51/R) \text{ km/h} \dots\dots\dots (P3)$$

Radio = 100 m.

Tipo de pendiente = P3

$$V(85) = 104.82 - (3574.51 / 100) \text{ km/h}$$

$$V(85) = 69 \text{ km/h.}$$

- **Curva del PI-26**, curva horizontal combinada con curva convexa, caso de pendiente P6, se usa la formula P2.

$$V(85) = 105.98 - (3709.90/R) \text{ km/h..... (P2)}$$

Radio = 65 m.

Tipo de pendiente = P6

$$V(85) = 105.98 - (3709.90 / 65) \text{ km/h}$$

$$V(85) = 49 \text{ km/h.}$$

- Velocidad de operación en tangentes.

Se presenta el cálculo de la velocidad de operación en tangentes, en la carretera en estudio, utilizando el modelo propuesto por Lamm (1999) ver tabla 3.15. Para el cálculo de la velocidad de operación en tangentes, es necesario determinar si la tangente es o no independiente, para ello es necesario establecer $LT_{\text{mín}}$ y $LT_{\text{máx}}$, con el objetivo de diferenciar entre los tres casos siguientes:

- Caso 1: Si $LT \leq LT_{\text{mín}}$, entonces la tangente no es independiente, no se alcanza acelerar hasta $V_{85,n+1}$ y se utilizaría la siguiente ecuación para calcular la velocidad de operación en tangente.

$$V_{85,T} = \frac{V_{85,n-1} + V_{85,n+1}}{2}$$

- Caso 2: Si $LT \geq LT_{\text{máx}}$, entonces la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta V_{des} y la velocidad de operación en tangente sería igual a la velocidad deseada (V_{des}).

$$V_{85,T} = V_{des}$$

La velocidad deseada (V_{des}), para esta investigación se tomó valor $V_{des} = 60 \text{ km/h}$, según el Reglamento Nacional de tránsito (MTC, 2009), que indica que para que el límite máximo de velocidad en caminos rurales es de 60 km/h.

- Caso 3: Si $LT_{\text{mín}} < LT < LT_{\text{máx}}$, entonces la tangente es independiente, se alcanza a acelerar hasta $V_{85,n+1}$.

$$V_{85,T} = \sqrt{12.04a(TL - TL_{\min}) + V_{85,n-1}^2}$$

Para el cálculo de LT_{\min} y LT_{\max} se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$LT_{\min} = \frac{|V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2|}{25.92a}$$

$$LT_{\max} = \frac{|2 * V_{des}^2 - (V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2)|}{25.92a}$$

Donde:

R : Radio de curva

a = d : aceleración = 0.85 m/s²

LT : Longitud del tramo en tangente

LT_{\min} : Longitud de tangente mínima para acelerar o desacelerar de $V_{85,n-1}$ a $V_{85,n+1}$

LT_{\max} : Longitud de tangente máxima

V_{85} : Velocidad estimada del percentil 85

V_{des} : Velocidad deseada

El procedimiento para determinar la velocidad de operación en tangentes, dependerá al caso que corresponda, en la presente tesis se han presentado el caso 1 y 3.

▪ **Tramo en tangente ubicado entre el PI – 08 y PI – 09**

$$LT_{\min} = \frac{|V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2|}{25.92a}$$

Longitud de tangente: $LT = 100.64$ m

$$V_{85,8} = 78 \text{ km/h}$$

$$V_{85,9} = 18 \text{ km/h}$$

$$a = 0.85 \text{ m/s}^2$$

$$LT_{\min} = \frac{|78^2 - 16^2|}{25.92(0.85)} = 261 \text{ m}$$

Longitud de tangente $LT=100.64$ es menor que la longitud de tangente mínima $LT_{\min}=261$, se cumple el caso 1, la tangente no es independiente y no se alcanza acelerar hasta $V_{85,n+1}$, Para establecer la velocidad de operación en tangente se utiliza la ecuación.

$$V_{85,T} = \frac{V_{85,n-1} + V_{85,n+1}}{2} = \frac{78+16}{2} = 48 \text{ km/h.}$$

▪ **Tramo en tangente ubicado entre el PI – 29 y PI – 30**

$$LT_{\min} = \frac{|V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2|}{25.92a}$$

Longitud de tangente: $LT = 19.02$ m

$$V_{85,29} = 47 \text{ km/h}$$

$$V_{85,30} = 51 \text{ km/h}$$

$$a = 0.85 \text{ m/s}^2$$

$$LT_{\min} = \frac{|47^2 - 51^2|}{25.92(0.85)} = 18 \text{ m}$$

Longitud de tangente es mayor que la longitud de tangente mínima, se descarta el caso 1, es necesario establecer la longitud de tangente máxima utilizando la ecuación:

$$V_{des} = 60 \text{ km/h}$$

$$LT_{\max} = \frac{|2 * V_{des}^2 - (V_{85,n-1}^2 - V_{85,n+1}^2)|}{25.92a} = \frac{|2 * 60^2 - (47^2 - 51^2)|}{25.92(0.85)} = 345 \text{ m}$$

Se pueda observar que la longitud de la tangente se encuentra entre la longitud mínima y máxima el cual corresponde a utilizar el caso 3. Por ende, la velocidad de operación será:

$$V_{85,T} = \sqrt{12.04a(TL + TL_{\min}) + V_{85,n-1}^2} = \sqrt{12.04(0.85)(19.02 - 18) + 47^2}$$

$$V_{85,T} = 47 \text{ km/h}$$

Tabla 3.15.

Estimaciones de velocidades de curvas y tangentes.

Sitio	Elemento	Long. tang	PC	PT	Radio	Pendiente	Tipo pendiente Fitzpatrick	V (85) km/h	LT mín (m)	LT máx (m)	Vel. tang (km/h)
-	tangente	24.79							80	N	42
PI 1	curva		0+024.79	0+050.03	50	8.49%	P4	42			
-	tangente	8.16							80	N	21
PI 2	curva		0+058.19	0+067.02	10	8.49%	P4	0			
-	tangente	52.60							0	327	23
PI 3	curva		0+119.62	0+130.35	10	11.44%	P4	0			
-	tangente	26.46							80	N	21
PI 4	curva		0+156.81	0+171.57	50	11.44%	P4	42			

(...continuación de tabla 3.15)

Sitio	Elemento	Long. tang	PC	PT	Radio	Pendiente	Tipo pendiente Fitzpatrick	V (85) km/h	LT mín (m)	LT máx (m)	Vel. tang (km/h)
-	tangente	35.38							80	247	36
PI 5	curva		0+206.94	0+215.92	20	11.44%	P4	0			
-	tangente	20.20							0	N	0
PI 6	curva		0+236.12	0+245.06	25	11.44%	P4	0			
-	tangente	34.42							0	N	0
PI 7	curva		0+279.48	0+292.67	15	11.44%	P4	0			
-	tangente	6.38							276	N	39
PI 8	curva		0+299.06	0+329.53	150	11.44%	P4	78			
-	tangente	100.64							261	N	48
PI 9	curva		0+430.17	0+441.25	35	11.44%	P4	18			
-	tangente	10.98							15	312	17
PI 10	curva		0+452.23	0+465.92	30	convexa	P6	0			
-	tangente	21.88							216	N	35
PI 11	curva		0+487.80	0+509.25	100	3.86%	P3	69			
-	tangente	74.90							42	285	71
PI 12	curva		0+584.15	0+628.91	80	cóncava	P5	62			
-	tangente	28.27							94	N	52
PI 13	curva		0+657.19	0+679.77	50	14.17%	P4	42			
-	tangente	14.77							189	N	60
PI 14	curva		0+694.54	0+734.32	140	14.17%	P4	77			
-	tangente	18.47							189	N	60
PI 15	curva		0+752.79	0+795.62	50	14.17%	P4	42			
-	tangente	19.43							80	N	21
PI 16	curva		0+815.05	0+838.27	30	convexa	P6	0			
-	tangente	45.50							0	N	0
PI 17	curva		0+883.78	0+891.41	15	14.55%	P4	0			
-	tangente	5.19							0	N	0
PI 18	curva		0+896.60	0+907.57	12	14.55%	P4	0			
-	tangente	33.44							0	N	0
PI 19	curva		0+941.01	0+953.74	19	14.55%	P4	0			
-	tangente	19.20							0	N	0
PI 20	curva		0+972.94	0+976.74	11	14.55%	P4	0			
-	tangente	18.41							0	N	0
PI 21	curva		0+995.15	1+004.98	18	14.55%	P4	0			
-	tangente	7.43							242	N	37
PI 22	curva		1+012.41	1+043.05	115	14.55%	P4	73			
-	tangente	32.38							242	N	37
PI 23	curva		1+075.43	1+079.85	6	14.55%	P4	0			
-	tangente	13.82							0	N	0
PI 24	curva		1+093.67	1+098.50	8	14.55%	P4	0			
-	tangente	23.89							36	N	14
PI 25	curva		1+122.39	1+131.48	40	14.55%	P4	28			
-	tangente	17.87							73	N	39
PI 26	curva		1+149.35	1+195.07	65	convexa	P6	49			
-	tangente	54.73							113	N	60

(...continuación de tabla 3.15)

Sitio	Elemento	Long-tang	PC	PT	Radio	Pendiente	Tipo pendiente Fitzpatrick	V (85) km/h	LT mín (m)	LT máx (m)	Vel. tang (km/h)
PI 27	curva		1+249.80	1+276.42	105	12.08%	P4	70			
-	tangente	22.22							222	N	35
PI 28	curva		1+298.64	1+305.16	13	12.08%	P4	0			
-	tangente	28.16							100	N	24
PI 29	curva		1+333.32	1+356.53	55	12.08%	P4	47			
-	tangente	19.02							18	345	47
PI 30	curva		1+375.55	1+383.60	60	12.08%	P4	51			
-	tangente	50.80							118	N	26
PI 31	curva		1+434.39	1+444.97	7	12.08%	P4	0			
-	tangente	4.30							36	N	14
PI 32	curva		1+449.27	1+470.87	40	12.08%	P4	28			
-	tangente	34.91							181	N	49
PI 33	curva		1+505.78	1+532.29	100	12.08%	P4	69			
-	tangente	41.05							18	308	71
PI 34	curva		1+573.34	1+593.76	90	12.08%	P4	66			
-	tangente	16.63							71	N	72
PI 35	curva		1+610.39	1+633.08	120	cóncava	P5	77			
-	tangente	22.64							269	N	39
PI 36	curva		1+655.72	1+664.97	6	16.32%	P4	0			
-	tangente	0.46							0	N	0
PI 37	curva		1+665.43	1+677.19	10	16.32%	P4	0			
-	tangente	36.06							262	N	38
PI 38	curva		1+713.25	1+746.86	135	16.32%	P4	76			
-	tangente	36.69							193	N	58
PI 39	curva		1+783.55	1+804.65	48	16.32%	P4	39			
-	tangente	6.20							69	N	20
PI 40	curva		1+810.86	1+821.43	4	16.32%	P4	0			
-	tangente	3.96							46	N	16
PI 41	curva		1+825.39	1+856.31	50	convexa	P6	32			
-	tangente	14.18							259	N	57
PI 42	curva		1+870.49	1+900.74	185	11.99%	P4	82			
-	tangente	33.48							305	N	41
PI 43	curva		1+934.22	1+941.41	6	11.99%	P4	0			
-	tangente	0.35							0	N	0
PI 44	curva		1+941.75	1+950.96	5	11.99%	P4	0			
-	tangente	10.10							0	N	0
PI 45	curva		1+961.06	1+967.72	18	11.99%	P4	0			
-	tangente	32.42							222	N	35
PI 46	curva		2+000.14	2+023.83	105	11.99%	P4	70			
-	tangente	20.42							106	N	78
PI 47	curva		2+044.25	2+072.85	240	11.99%	P4	85			
-	tangente	15.43							328	N	43
PI 48	curva		2+088.29	2+095.12	6	11.99%	P4	0			
-	tangente	0.47							0	N	0
PI 49	curva		2+095.59	2+102.82	4	11.99%	P4	0			

(...continuación de tabla 3.15)

Sitio	Elemento	Long. tang	PC	PT	Radio	Pendiente	Tipo pendiente Fitzpatrick	V (85) km/h	LT mín (m)	LT máx (m)	Vel. tang (km/h)
-	tangente	9.08							0	N	0
PI 50	curva		2+111.90	2+118.83	25	11.99%	P4	0			
-	tangente	42.39							336	N	43
PI 51	curva		2+161.21	2+188.94	250	11.99%	P4	86			
-	tangente	36.29							280	N	61
PI 52	curva		2+225.23	2+254.52	45	11.99%	P4	35			
-	tangente	1.57							56	N	18
PI 53	curva		2+256.09	2+267.03	4	11.99%	P4	0			
-	tangente	11.01							15	N	9
PI 54	curva		2+278.04	2+305.38	35	11.99%	P4	18			
-	tangente	15.60							86	N	33
PI 55	curva		2+320.98	2+334.44	55	11.99%	P4	47			
-	tangente	11.96							0	327	48
PI 56	curva		2+346.40	2+352.55	55	11.99%	P4	47			
-	tangente	70.96							183	N	63
PI 57	curva		2+423.51	2+459.52	155	11.99%	P4	79			
-	tangente	1.59							283	N	40
PI 58	curva		2+461.11	2+466.14	4	11.99%	P4	0			
-	tangente	0.90							0	N	0
PI 59	curva		2+467.04	2+473.85	4	11.99%	P4	0			
-	tangente	2.13							235	N	36
PI 60	curva		2+475.98	2+524.16	110	11.99%	P4	72			
-	tangente	32.03							38	N	69
PI 61	curva		2+556.19	2+574.93	90	5.64%	P4	66			
-	tangente	15.40							146	N	77
PI 62	curva		2+590.34	2+643.88	190	cóncava	P5	87			
-	tangente	29.19							344	N	44
PI 63	curva		2+673.08	2+682.70	8	14.12%	P4	0			
-	tangente	0.01							0	N	0
PI 64	curva		2+682.71	2+688.67	4	14.12%	P4	0			
-	tangente	51.41							0	N	0
PI 65	curva		2+740.08	2+750.20	6	14.12%	P4	0			
-	tangente	1.30							0	N	0
PI 66	curva		2+751.50	2+761.98	8	14.12%	P4	0			
-	tangente	25.56							80	N	21
PI 67	curva		2+787.55	2+834.12	50	11.71%	P4	42			
-	tangente	1.85							80	N	21
PI 68	curva		2+835.97	2+841.48	4	11.71%	P4	0			
-	tangente	0.72							0	N	0
PI 69	curva		2+842.21	2+848.86	5	11.71%	P4	0			
-	tangente	7.73							0	N	0
PI 70	curva		2+856.59	2+867.51	18	11.71%	P4	0			
-	tangente	54.49							262	N	38
PI 71	curva		2+921.99	2+938.20	135	11.71%	P4	76			
-	tangente	33.24							51	N	80

(...continuación de tabla 3.15)

Sitio	Elemento	Long. tang	PC	PT	Radio	Pendiente	Tipo pendiente Fitzpatrick	V (85) km/h	LT mín (m)	LT máx (m)	Vel. tang (km/h)
PI 72	curva		2+971.44	3+042.68	200	11.71%	P4	83			
-	tangente	37.49							257	N	59
PI 73	curva		3+080.17	3+102.53	45	11.71%	P4	35			
-	tangente	76.84							214	N	56
PI 74	curva		3+179.37	3+202.73	140	8.35%	P4	77			
-	tangente	20.53							269	N	39
PI 75	curva		3+223.26	3+227.67	10	8.35%	P4	0			
-	tangente	16.50							56	N	18
PI 76	curva		3+244.17	3+285.31	45	17.85%	P4	35			
-	tangente	10.23							56	N	18
PI 77	curva		3+295.54	3+301.11	6	17.85%	P4	0			
-	tangente	39.16							0	N	0
PI 78	curva		3+340.28	3+352.22	9	17.85%	P4	0			
-	tangente	1.17							0	N	0
PI 79	curva		3+353.39	3+361.96	6	17.85%	P4	0			
-	tangente	29.18							0	N	0
PI 80	curva		3+391.14	3+398.56	10	11.28%	P4	0			
-	tangente	8.04							235	N	36
PI 81	curva		3+406.60	3+431.97	110	11.28%	P4	72			
-	tangente	43.38							155	N	57
PI 82	curva		3+475.35	3+485.34	50	11.28%	P4	42			
-	tangente	43.26							256	N	64
PI 83	curva		3+528.59	3+576.60	250	11.28%	P4	86			
-	tangente	15.81							227	N	68
PI 84	curva		3+592.41	3+629.11	58	11.28%	P4	49			
-	tangente	0.17							109	N	25
PI 85	curva		3+629.27	3+656.76	23	11.28%	P4	0			
-	tangente	24.55							368	N	45
PI 86	curva		3+681.31	3+734.72	400	11.28%	P4	90			
-	tangente	63.60							55	272	90
PI 87	curva		3+798.33	3+836.11	200	11.28%	P4	83			
-	tangente	11.64							313	N	42
PI 88	curva		3+847.75	3+855.78	12	11.28%	P4	0			
-	tangente	11.55							56	N	18
PI 89	curva		3+867.34	3+907.30	45	11.28%	P4	35			
-	tangente	4.52							119	N	49
PI 90	curva		3+911.82	3+971.40	85	convexa	P6	62			
-	tangente	28.13							109	N	71
PI 91	curva		3+999.52	4+016.71	140	-2.23%	P2	79			
-	tangente	29.73							283	N	40
PI 92	curva		4+046.44	4+058.74	25	-2.23%	P2	0			
-	tangente	80.26							0	327	29
PI 93	curva		4+139.00	4+159.77	20	7.16%	P4	0			
-	tangente	9.21							80	407	27
PI 94	curva		4+168.98	4+198.58	50	7.16%	P4	42			

(...continuación de tabla 3.15)

Sitio	Elemento	Long. tang	PC	PT	Radio	Pendiente	Tipo pendiente Fitzpatrick	V (85) km/h	LT mín (m)	LT máx (m)	Vel. tang (km/h)
-	tangente	7.28							72	N	28
PI 95	curva		4+205.86	4+230.78	40	-0.39%	P2	13			
-	tangente	2.72							167	N	38
PI 96	curva		4+233.49	4+255.05	85	-0.39%	P2	62			
-	tangente	64.34							87	N	53
PI 97	curva		4+319.38	4+342.83	60	-0.39%	P2	44			
-	tangente	87.19							248	N	65
PI 98	curva		4+430.02	4+501.58	180	cóncava	P5	86			
-	tangente	12.17							336	N	43
PI 99	curva		4+513.75	4+539.46	25	8.71%	P4	0			
-	tangente	22.44							15	342	9
PI 100	curva		4+561.90	4+591.38	35	8.71%	P4	18			
-	tangente	28.14							73	N	31
PI 101	curva		4+619.52	4+672.62	60	convexa	P6	44			
-	tangente	36.19							88	N	22
PI 102	curva		4+708.81	4+727.03	15	cóncava	P5	0			
-	tangente	7.20							0	N	2
PI 103	curva		4+734.23	4+769.23	35	2.34%	P3	3			
-	tangente	150.80							343	N	45
PI 104	curva		4+920.03	4+956.33	300	9.14%	P4	87			

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10. EVALUACIÓN DE ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EXISTENTES EN LA CARRTERA.

Los elementos geométrico existentes en la carretera se obtuvieron del reconocimiento del terreno, el levantamiento topográfico y del procesamiento de información. A partir de esto se obtuvo los planos en planta, perfil y secciones transversales, que sirvieron para poder conocer las características geométricas de la vía.

3.10.1. Evaluación de la plataforma o corona (ancho de calzada más bermas)

Según la tabla 3.7.4.1 la calzada es de 3.5 m y las bermas serán de 0.5m a cada lado de la calzada; al sumar estas medidas da un ancho de corona o plataforma de 4.5 m de ancho como mínimo para que la carretera cumpla con MDCNPBVT (2005). Se lo realizó de esta manera ya que es una trocha carrozable y no existe una diferenciación marcada entre la calzada y las bermas por lo que se consideró evaluar el ancho de plataforma.

Tabla 3.16.

Evaluación de la plataforma o corona.

Progresiva	Ancho de plataforma (m)	Ancho plataforma mínimo (m)	Evaluación de plataforma
00+ 000.00	4.29	4.5	no cumple
00+ 020.00	3.70	4.5	no cumple
00+ 040.00	3.96	4.5	no cumple
00+ 060.00	3.73	4.5	no cumple
00+ 080.00	3.99	4.5	no cumple
00+ 100.00	3.69	4.5	no cumple
00+ 120.00	6.22	4.5	cumple
00+ 140.00	5.35	4.5	cumple
00+ 160.00	3.41	4.5	no cumple
00+ 180.00	5.25	4.5	cumple
00+ 200.00	5.46	4.5	cumple
00+ 220.00	4.21	4.5	no cumple
00+ 240.00	3.96	4.5	no cumple
00+ 260.00	3.31	4.5	no cumple
00+ 280.00	4.70	4.5	cumple
00+ 300.00	4.53	4.5	cumple
00+ 320.00	3.95	4.5	no cumple
00+ 340.00	4.36	4.5	no cumple
00+ 360.00	4.64	4.5	cumple
00+ 380.00	3.69	4.5	no cumple
00+ 400.00	3.98	4.5	no cumple
00+ 420.00	4.02	4.5	no cumple
00+ 440.00	3.58	4.5	no cumple
00+ 460.00	4.81	4.5	cumple
00+ 480.00	3.23	4.5	no cumple
00+ 500.00	4.32	4.5	no cumple
00+ 520.00	4.09	4.5	no cumple
00+ 540.00	3.49	4.5	no cumple
00+ 560.00	4.14	4.5	no cumple
00+ 580.00	3.56	4.5	no cumple
00+ 600.00	4.19	4.5	no cumple
00+ 620.00	3.92	4.5	no cumple
00+ 640.00	3.34	4.5	no cumple
00+ 660.00	3.77	4.5	no cumple
00+ 680.00	4.02	4.5	no cumple
00+ 700.00	4.44	4.5	no cumple
00+ 720.00	4.54	4.5	cumple
00+ 740.00	3.76	4.5	no cumple
00+ 760.00	3.58	4.5	no cumple
00+ 780.00	3.48	4.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.16)

Progresiva	Ancho de plataforma (m)	Ancho plataforma mínimo (m)	Evaluación de plataforma
00+ 800.00	5.06	4.5	cumple
00+ 820.00	8.70	4.5	cumple
00+ 840.00	5.54	4.5	cumple
00+ 860.00	5.72	4.5	cumple
00+ 880.00	4.28	4.5	no cumple
00+ 900.00	5.87	4.5	cumple
00+ 920.00	4.67	4.5	cumple
00+ 940.00	3.95	4.5	no cumple
00+ 960.00	3.73	4.5	no cumple
00+ 980.00	5.95	4.5	cumple
01+ 000.00	4.46	4.5	no cumple
01+ 020.00	5.19	4.5	cumple
01+ 040.00	4.08	4.5	no cumple
01+ 060.00	4.36	4.5	no cumple
01+ 080.00	4.71	4.5	cumple
01+ 100.00	3.98	4.5	no cumple
01+ 120.00	5.96	4.5	cumple
01+ 140.00	3.39	4.5	no cumple
01+ 160.00	3.37	4.5	no cumple
01+ 180.00	4.31	4.5	no cumple
01+ 200.00	3.76	4.5	no cumple
01+ 220.00	4.18	4.5	no cumple
01+ 240.00	4.10	4.5	no cumple
01+ 260.00	4.43	4.5	no cumple
01+ 280.00	3.13	4.5	no cumple
01+ 300.00	3.50	4.5	no cumple
01+ 320.00	3.16	4.5	no cumple
01+ 340.00	3.59	4.5	no cumple
01+ 360.00	3.97	4.5	no cumple
01+ 380.00	3.80	4.5	no cumple
01+ 400.00	5.28	4.5	cumple
01+ 420.00	3.55	4.5	no cumple
01+ 440.00	3.94	4.5	no cumple
01+ 460.00	3.17	4.5	no cumple
01+ 480.00	3.96	4.5	no cumple
01+ 500.00	3.65	4.5	no cumple
01+ 520.00	3.35	4.5	no cumple
01+ 540.00	3.75	4.5	no cumple
01+ 560.00	3.29	4.5	no cumple
01+ 580.00	3.49	4.5	no cumple
01+ 600.00	3.71	4.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.16)

Progresiva	Ancho de plataforma (m)	Ancho plataforma mínimo (m)	Evaluación de plataforma
01+ 620.00	3.83	4.5	no cumple
01+ 640.00	3.98	4.5	no cumple
01+ 660.00	8.83	4.5	cumple
01+ 680.00	4.24	4.5	no cumple
01+ 700.00	5.64	4.5	cumple
01+ 720.00	4.71	4.5	cumple
01+ 740.00	4.00	4.5	no cumple
01+ 760.00	4.81	4.5	cumple
01+ 780.00	3.98	4.5	no cumple
01+ 800.00	3.91	4.5	no cumple
01+ 820.00	6.44	4.5	cumple
01+ 840.00	5.33	4.5	cumple
01+ 860.00	3.67	4.5	no cumple
01+ 880.00	3.05	4.5	no cumple
01+ 900.00	4.01	4.5	no cumple
01+ 920.00	4.18	4.5	no cumple
01+ 940.00	6.62	4.5	cumple
01+ 960.00	5.40	4.5	cumple
01+ 980.00	3.01	4.5	no cumple
02+ 000.00	3.17	4.5	no cumple
02+ 020.00	3.07	4.5	no cumple
02+ 040.00	3.32	4.5	no cumple
02+ 060.00	3.47	4.5	no cumple
02+ 080.00	2.98	4.5	no cumple
02+ 100.00	5.69	4.5	cumple
02+ 120.00	3.68	4.5	no cumple
02+ 140.00	3.48	4.5	no cumple
02+ 160.00	3.55	4.5	no cumple
02+ 180.00	3.89	4.5	no cumple
02+ 200.00	3.78	4.5	no cumple
02+ 220.00	3.13	4.5	no cumple
02+ 240.00	3.50	4.5	no cumple
02+ 260.00	5.31	4.5	cumple
02+ 280.00	3.33	4.5	no cumple
02+ 300.00	3.69	4.5	no cumple
02+ 320.00	3.36	4.5	no cumple
02+ 340.00	3.22	4.5	no cumple
02+ 360.00	3.44	4.5	no cumple
02+ 380.00	3.59	4.5	no cumple
02+ 400.00	3.94	4.5	no cumple
02+ 420.00	3.32	4.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.16)

Progresiva	Ancho de plataforma (m)	Ancho plataforma mínimo (m)	Evaluación de plataforma
02+ 440.00	3.30	4.5	no cumple
02+ 460.00	3.71	4.5	no cumple
02+ 480.00	5.23	4.5	cumple
02+ 500.00	3.34	4.5	no cumple
02+ 520.00	3.52	4.5	no cumple
02+ 540.00	3.01	4.5	no cumple
02+ 560.00	3.04	4.5	no cumple
02+ 580.00	3.32	4.5	no cumple
02+ 600.00	3.40	4.5	no cumple
02+ 620.00	3.48	4.5	no cumple
02+ 640.00	3.93	4.5	no cumple
02+ 660.00	4.32	4.5	no cumple
02+ 680.00	7.92	4.5	cumple
02+ 700.00	4.79	4.5	cumple
02+ 720.00	4.21	4.5	no cumple
02+ 740.00	3.69	4.5	no cumple
02+ 760.00	3.58	4.5	no cumple
02+ 780.00	3.65	4.5	no cumple
02+ 800.00	3.51	4.5	no cumple
02+ 820.00	4.09	4.5	no cumple
02+ 840.00	4.42	4.5	no cumple
02+ 860.00	6.27	4.5	cumple
02+ 880.00	3.05	4.5	no cumple
02+ 900.00	4.61	4.5	cumple
02+ 920.00	3.35	4.5	no cumple
02+ 940.00	3.06	4.5	no cumple
02+ 960.00	3.18	4.5	no cumple
02+ 980.00	3.40	4.5	no cumple
03+ 000.00	3.35	4.5	no cumple
03+ 020.00	3.85	4.5	no cumple
03+ 040.00	4.00	4.5	no cumple
03+ 060.00	3.35	4.5	no cumple
03+ 080.00	3.90	4.5	no cumple
03+ 100.00	4.35	4.5	no cumple
03+ 120.00	4.58	4.5	cumple
03+ 140.00	3.42	4.5	no cumple
03+ 160.00	3.41	4.5	no cumple
03+ 180.00	3.67	4.5	no cumple
03+ 200.00	4.22	4.5	no cumple
03+ 220.00	4.10	4.5	no cumple
03+ 240.00	3.25	4.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.16)

Progresiva	Ancho de plataforma (m)	Ancho plataforma mínimo (m)	Evaluación de plataforma
03+ 260.00	3.02	4.5	no cumple
03+ 280.00	4.01	4.5	no cumple
03+ 300.00	4.07	4.5	no cumple
03+ 320.00	3.39	4.5	no cumple
03+ 340.00	4.53	4.5	cumple
03+ 360.00	5.62	4.5	cumple
03+ 380.00	4.18	4.5	no cumple
03+ 400.00	4.57	4.5	cumple
03+ 420.00	4.29	4.5	no cumple
03+ 440.00	4.19	4.5	no cumple
03+ 460.00	4.27	4.5	no cumple
03+ 480.00	3.73	4.5	no cumple
03+ 500.00	3.50	4.5	no cumple
03+ 520.00	4.68	4.5	cumple
03+ 540.00	3.69	4.5	no cumple
03+ 560.00	3.90	4.5	no cumple
03+ 580.00	5.21	4.5	cumple
03+ 600.00	3.69	4.5	no cumple
03+ 620.00	4.34	4.5	no cumple
03+ 640.00	4.57	4.5	cumple
03+ 660.00	3.66	4.5	no cumple
03+ 680.00	3.90	4.5	no cumple
03+ 700.00	3.84	4.5	no cumple
03+ 720.00	3.55	4.5	no cumple
03+ 740.00	3.31	4.5	no cumple
03+ 760.00	3.70	4.5	no cumple
03+ 780.00	3.82	4.5	no cumple
03+ 800.00	3.77	4.5	no cumple
03+ 820.00	3.85	4.5	no cumple
03+ 840.00	3.76	4.5	no cumple
03+ 860.00	3.43	4.5	no cumple
03+ 880.00	5.49	4.5	cumple
03+ 900.00	4.46	4.5	no cumple
03+ 920.00	3.79	4.5	no cumple
03+ 940.00	4.70	4.5	cumple
03+ 960.00	4.39	4.5	no cumple
03+ 980.00	4.27	4.5	no cumple
04+ 000.00	5.09	4.5	cumple
04+ 020.00	3.61	4.5	no cumple
04+ 040.00	3.67	4.5	no cumple
04+ 060.00	3.56	4.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.16)

Progresiva	Ancho de plataforma (m)	Ancho plataforma mínimo (m)	Evaluación de plataforma
04+ 080.00	4.72	4.5	cumple
04+ 100.00	4.08	4.5	no cumple
04+ 120.00	4.44	4.5	no cumple
04+ 140.00	3.67	4.5	no cumple
04+ 160.00	4.47	4.5	no cumple
04+ 180.00	4.93	4.5	cumple
04+ 200.00	3.69	4.5	no cumple
04+ 220.00	4.11	4.5	no cumple
04+ 240.00	4.72	4.5	cumple
04+ 260.00	3.33	4.5	no cumple
04+ 280.00	3.70	4.5	no cumple
04+ 300.00	3.57	4.5	no cumple
04+ 320.00	4.32	4.5	no cumple
04+ 340.00	4.24	4.5	no cumple
04+ 360.00	3.85	4.5	no cumple
04+ 380.00	4.80	4.5	cumple
04+ 400.00	6.47	4.5	cumple
04+ 420.00	5.17	4.5	cumple
04+ 440.00	5.14	4.5	cumple
04+ 460.00	6.45	4.5	cumple
04+ 480.00	6.03	4.5	cumple
04+ 500.00	5.86	4.5	cumple
04+ 520.00	5.72	4.5	cumple
04+ 540.00	4.79	4.5	cumple
04+ 560.00	4.12	4.5	no cumple
04+ 580.00	4.54	4.5	cumple
04+ 600.00	5.45	4.5	cumple
04+ 620.00	4.88	4.5	cumple
04+ 640.00	5.35	4.5	cumple
04+ 660.00	4.22	4.5	no cumple
04+ 680.00	4.17	4.5	no cumple
04+ 700.00	4.71	4.5	cumple
04+ 720.00	5.93	4.5	cumple
04+ 740.00	4.73	4.5	cumple
04+ 760.00	4.38	4.5	no cumple
04+ 780.00	5.27	4.5	cumple
04+ 800.00	5.39	4.5	cumple
04+ 820.00	4.64	4.5	cumple
04+ 840.00	4.11	4.5	no cumple
04+ 860.00	4.07	4.5	no cumple
04+ 880.00	4.38	4.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.16)

Progresiva	Ancho de plataforma (m)	Ancho plataforma mínimo (m)	Evaluación de plataforma
04+ 900.00	4.64	4.5	cumple
04+ 920.00	4.26	4.5	no cumple
04+ 940.00	3.75	4.5	no cumple
04+ 960.00	3.10	4.5	no cumple
04+ 980.00	3.53	4.5	no cumple
05+ 000.00	3.83	4.5	no cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.2. Evaluación del talud de corte y relleno.

Se realizó la evaluación del talud de corte y de relleno; los cuales tienen como valores mínimos, talud de corte = V:H = 3:1 y talud de relleno = V:H = 1:1.5 (según tabla 3.7.4.1); los tramos donde el valor de los taludes sea menor a los ya mencionados, se requerirá hacer un análisis de estabilización o se verá si se requiere banquetas, según sea el caso.

Tabla 3.17.

Evaluación del talud de corte y relleno.

Progresiva	Talud de corte (V)	Máx. talud de corte (V:H=3:1)	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (H)	Máx. talud de relleno (V:H=1:1.5)	Evaluación de talud de relleno
00+ 000.00	4.03	3	no cumple	4.39	1.5	cumple
00+ 020.00	2.27	3	cumple	1.55	1.5	cumple
00+ 040.00	1.10	3	cumple	2.61	1.5	cumple
00+ 060.00	6.36	3	no cumple	0.42	1.5	no cumple
00+ 080.00	0.96	3	cumple	6.26	1.5	cumple
00+ 100.00	0.90	3	cumple	3.54	1.5	cumple
00+ 120.00	1.56	3	cumple	3.78	1.5	cumple
00+ 140.00	1.36	3	cumple	2.96	1.5	cumple
00+ 160.00	2.46	3	cumple	2.51	1.5	cumple
00+ 180.00	2.63	3	cumple	2.74	1.5	cumple
00+ 200.00	0.85	3	cumple	1.78	1.5	cumple
00+ 220.00	2.29	3	cumple	2.26	1.5	cumple
00+ 240.00	1.04	3	cumple	2.77	1.5	cumple
00+ 260.00	1.09	3	cumple	4.79	1.5	cumple
00+ 280.00	2.83	3	cumple	6.92	1.5	cumple
00+ 300.00	1.56	3	cumple	3.74	1.5	cumple
00+ 320.00	0.76	3	cumple	3.63	1.5	cumple
00+ 340.00	1.25	3	cumple	4.19	1.5	cumple
00+ 360.00	2.02	3	cumple	2.56	1.5	cumple

(...continuación de tabla 3.17)

Progresiva	Talud de corte (V)	Máx. talud de corte (V:H=3:1)	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (H)	Máx. talud de relleno (V:H=1:1.5)	Evaluación de talud de relleno
00+ 380.00	2.84	3	cumple	2.58	1.5	cumple
00+ 400.00	1.64	3	cumple	2.61	1.5	cumple
00+ 420.00	2.78	3	cumple	2.00	1.5	cumple
00+ 440.00	2.88	3	cumple	2.40	1.5	cumple
00+ 460.00	2.68	3	cumple	3.79	1.5	cumple
00+ 480.00	1.34	3	cumple	2.18	1.5	cumple
00+ 500.00	1.55	3	cumple	1.80	1.5	cumple
00+ 520.00	2.23	3	cumple	0.41	1.5	no cumple
00+ 540.00	1.32	3	cumple	1.98	1.5	cumple
00+ 560.00	0.61	3	cumple	1.98	1.5	cumple
00+ 580.00	1.10	3	cumple	2.76	1.5	cumple
00+ 600.00	1.41	3	cumple	3.91	1.5	cumple
00+ 620.00	2.39	3	cumple	2.58	1.5	cumple
00+ 640.00	1.05	3	cumple	2.70	1.5	cumple
00+ 660.00	1.04	3	cumple	2.79	1.5	cumple
00+ 680.00	1.31	3	cumple	3.65	1.5	cumple
00+ 700.00	0.75	3	cumple	3.18	1.5	cumple
00+ 720.00	0.79	3	cumple	3.00	1.5	cumple
00+ 740.00	1.00	3	cumple	7.45	1.5	cumple
00+ 760.00	5.14	3	no cumple	11.65	1.5	cumple
00+ 780.00	3.03	3	no cumple	0.99	1.5	no cumple
00+ 800.00	1.65	3	cumple	4.42	1.5	cumple
00+ 820.00	0.28	3	cumple	5.08	1.5	cumple
00+ 840.00	0.17	3	cumple	0.96	1.5	no cumple
00+ 860.00	1.39	3	cumple	3.53	1.5	cumple
00+ 880.00	6.33	3	no cumple	4.39	1.5	cumple
00+ 900.00	0.65	3	cumple	2.36	1.5	cumple
00+ 920.00	2.30	3	cumple	2.81	1.5	cumple
00+ 940.00	1.02	3	cumple	3.46	1.5	cumple
00+ 960.00	1.18	3	cumple	1.93	1.5	cumple
00+ 980.00	1.64	3	cumple	2.22	1.5	cumple
01+ 000.00	1.03	3	cumple	2.17	1.5	cumple
01+ 020.00	3.48	3	no cumple	1.93	1.5	cumple
01+ 040.00	1.03	3	cumple	1.39	1.5	no cumple
01+ 060.00	0.58	3	cumple	1.89	1.5	cumple
01+ 080.00	1.50	3	cumple	1.84	1.5	cumple
01+ 100.00	1.92	3	cumple	2.54	1.5	cumple
01+ 120.00	1.99	3	cumple	0.29	1.5	no cumple
01+ 140.00	2.84	3	cumple	0.57	1.5	no cumple
01+ 160.00	11.97	3	no cumple	1.64	1.5	cumple

(...continuación de tabla 3.17)

Progresiva	Talud de corte (V)	Máx. talud de corte (V:H=3:1)	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (H)	Máx. talud de relleno (V:H=1:1.5)	Evaluación de talud de relleno
01+ 180.00	1.70	3	cumple	2.23	1.5	cumple
01+ 200.00	1.70	3	cumple	1.47	1.5	no cumple
01+ 220.00	0.62	3	cumple	1.78	1.5	cumple
01+ 240.00	3.74	3	no cumple	1.60	1.5	cumple
01+ 260.00	1.96	3	cumple	1.93	1.5	cumple
01+ 280.00	1.41	3	cumple	1.73	1.5	cumple
01+ 300.00	0.80	3	cumple	2.65	1.5	cumple
01+ 320.00	2.58	3	cumple	1.29	1.5	no cumple
01+ 340.00	3.96	3	no cumple	1.76	1.5	cumple
01+ 360.00	1.38	3	cumple	2.05	1.5	cumple
01+ 380.00	1.20	3	cumple	1.87	1.5	cumple
01+ 400.00	5.75	3	no cumple	1.51	1.5	cumple
01+ 420.00	3.82	3	no cumple	0.40	1.5	no cumple
01+ 440.00	1.10	3	cumple	0.64	1.5	no cumple
01+ 460.00	1.56	3	cumple	0.82	1.5	no cumple
01+ 480.00	2.42	3	cumple	1.18	1.5	no cumple
01+ 500.00	2.96	3	cumple	0.90	1.5	no cumple
01+ 520.00	4.24	3	no cumple	0.58	1.5	no cumple
01+ 540.00	1.43	3	cumple	1.36	1.5	no cumple
01+ 560.00	1.48	3	cumple	1.37	1.5	no cumple
01+ 580.00	1.56	3	cumple	0.78	1.5	no cumple
01+ 600.00	1.75	3	cumple	1.33	1.5	no cumple
01+ 620.00	1.74	3	cumple	1.59	1.5	cumple
01+ 640.00	1.72	3	cumple	2.17	1.5	cumple
01+ 660.00	1.10	3	cumple	1.76	1.5	cumple
01+ 680.00	0.44	3	cumple	1.60	1.5	cumple
01+ 700.00	2.40	3	cumple	1.58	1.5	cumple
01+ 720.00	3.72	3	no cumple	1.55	1.5	cumple
01+ 740.00	2.95	3	cumple	1.58	1.5	cumple
01+ 760.00	0.38	3	cumple	0.93	1.5	no cumple
01+ 780.00	2.54	3	cumple	0.60	1.5	no cumple
01+ 800.00	2.41	3	cumple	1.43	1.5	no cumple
01+ 820.00	4.40	3	no cumple	1.16	1.5	no cumple
01+ 840.00	1.49	3	cumple	1.85	1.5	cumple
01+ 860.00	2.19	3	cumple	1.14	1.5	no cumple
01+ 880.00	1.06	3	cumple	2.14	1.5	cumple
01+ 900.00	0.88	3	cumple	2.22	1.5	cumple
01+ 920.00	1.60	3	cumple	0.82	1.5	no cumple
01+ 940.00	1.81	3	cumple	2.49	1.5	cumple
01+ 960.00	1.62	3	cumple	1.49	1.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.17)

Progresiva	Talud de corte (V)	Máx. talud de corte (V:H=3:1)	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (H)	Máx. talud de relleno (V:H=1:1.5)	Evaluación de talud de relleno
01+ 980.00	1.95	3	cumple	0.59	1.5	no cumple
02+ 000.00	1.95	3	cumple	1.63	1.5	cumple
02+ 020.00	0.69	3	cumple	1.96	1.5	cumple
02+ 040.00	2.46	3	cumple	1.20	1.5	no cumple
02+ 060.00	0.77	3	cumple	1.71	1.5	cumple
02+ 080.00	1.42	3	cumple	1.74	1.5	cumple
02+ 100.00	2.59	3	cumple	1.58	1.5	cumple
02+ 120.00	1.79	3	cumple	2.38	1.5	cumple
02+ 140.00	1.55	3	cumple	1.76	1.5	cumple
02+ 160.00	3.26	3	no cumple	0.38	1.5	no cumple
02+ 180.00	1.00	3	cumple	1.89	1.5	cumple
02+ 200.00	3.64	3	no cumple	0.52	1.5	no cumple
02+ 220.00	1.60	3	cumple	1.83	1.5	cumple
02+ 240.00	1.52	3	cumple	3.66	1.5	cumple
02+ 260.00	0.66	3	cumple	2.71	1.5	cumple
02+ 280.00	2.01	3	cumple	2.07	1.5	cumple
02+ 300.00	1.00	3	cumple	0.48	1.5	no cumple
02+ 320.00	1.06	3	cumple	0.39	1.5	no cumple
02+ 340.00	1.79	3	cumple	1.72	1.5	cumple
02+ 360.00	1.83	3	cumple	0.68	1.5	no cumple
02+ 380.00	2.79	3	cumple	0.51	1.5	no cumple
02+ 400.00	0.92	3	cumple	0.43	1.5	no cumple
02+ 420.00	1.86	3	cumple	0.24	1.5	no cumple
02+ 440.00	3.12	3	no cumple	0.35	1.5	no cumple
02+ 460.00	2.03	3	cumple	1.63	1.5	cumple
02+ 480.00	3.00	3	cumple	0.65	1.5	no cumple
02+ 500.00	3.27	3	no cumple	1.27	1.5	no cumple
02+ 520.00	1.39	3	cumple	1.72	1.5	cumple
02+ 540.00	2.20	3	cumple	1.73	1.5	cumple
02+ 560.00	2.56	3	cumple	1.49	1.5	no cumple
02+ 580.00	2.02	3	cumple	1.65	1.5	cumple
02+ 600.00	2.35	3	cumple	1.82	1.5	cumple
02+ 620.00	2.77	3	cumple	2.03	1.5	cumple
02+ 640.00	1.77	3	cumple	2.07	1.5	cumple
02+ 660.00	0.84	3	cumple	1.73	1.5	cumple
02+ 680.00	0.90	3	cumple	1.22	1.5	no cumple
02+ 700.00	1.65	3	cumple	0.73	1.5	no cumple
02+ 720.00	1.38	3	cumple	0.63	1.5	no cumple
02+ 740.00	0.55	3	cumple	2.39	1.5	cumple
02+ 760.00	1.76	3	cumple	0.72	1.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.17)

Progresiva	Talud de corte (V)	Máx. talud de corte (V:H=3:1)	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (H)	Máx. talud de relleno (V:H=1:1.5)	Evaluación de talud de relleno
02+ 780.00	2.87	3	cumple	0.74	1.5	no cumple
02+ 800.00	4.38	3	no cumple	1.67	1.5	cumple
02+ 820.00	4.06	3	no cumple	2.29	1.5	cumple
02+ 840.00	0.50	3	cumple	2.19	1.5	cumple
02+ 860.00	2.20	3	cumple	1.65	1.5	cumple
02+ 880.00	1.48	3	cumple	1.14	1.5	no cumple
02+ 900.00	1.52	3	cumple	0.83	1.5	no cumple
02+ 920.00	1.34	3	cumple	1.66	1.5	cumple
02+ 940.00	0.72	3	cumple	1.71	1.5	cumple
02+ 960.00	2.99	3	cumple	0.40	1.5	no cumple
02+ 980.00	0.79	3	cumple	0.77	1.5	no cumple
03+ 000.00	1.93	3	cumple	0.88	1.5	no cumple
03+ 020.00	0.99	3	cumple	0.57	1.5	no cumple
03+ 040.00	1.38	3	cumple	1.68	1.5	cumple
03+ 060.00	1.78	3	cumple	0.56	1.5	no cumple
03+ 080.00	1.57	3	cumple	2.07	1.5	cumple
03+ 100.00	0.90	3	cumple	1.81	1.5	cumple
03+ 120.00	1.92	3	cumple	1.67	1.5	cumple
03+ 140.00	1.55	3	cumple	1.75	1.5	cumple
03+ 160.00	1.00	3	cumple	1.41	1.5	no cumple
03+ 180.00	2.20	3	cumple	1.40	1.5	no cumple
03+ 200.00	1.29	3	cumple	0.57	1.5	no cumple
03+ 220.00	1.43	3	cumple	0.79	1.5	no cumple
03+ 240.00	2.57	3	cumple	0.79	1.5	no cumple
03+ 260.00	1.68	3	cumple	1.75	1.5	cumple
03+ 280.00	1.41	3	cumple	1.91	1.5	cumple
03+ 300.00	1.60	3	cumple	1.45	1.5	no cumple
03+ 320.00	0.23	3	cumple	6.50	1.5	cumple
03+ 340.00	0.10	3	cumple	14.70	1.5	cumple
03+ 360.00	1.84	3	cumple	3.21	1.5	cumple
03+ 380.00	0.78	3	cumple	1.01	1.5	no cumple
03+ 400.00	3.66	3	no cumple	1.37	1.5	no cumple
03+ 420.00	3.36	3	no cumple	2.26	1.5	cumple
03+ 440.00	0.45	3	cumple	2.18	1.5	cumple
03+ 460.00	1.52	3	cumple	1.81	1.5	cumple
03+ 480.00	1.06	3	cumple	0.89	1.5	no cumple
03+ 500.00	0.83	3	cumple	1.67	1.5	cumple
03+ 520.00	2.55	3	cumple	0.53	1.5	no cumple
03+ 540.00	2.61	3	cumple	1.51	1.5	cumple
03+ 560.00	2.11	3	cumple	0.64	1.5	no cumple

(...continuación de tabla 3.17)

Progresiva	Talud de corte (V)	Máx. talud de corte (V:H=3:1)	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (H)	Máx. talud de relleno (V:H=1:1.5)	Evaluación de talud de relleno
03+ 580.00	2.22	3	cumple	1.54	1.5	cumple
03+ 600.00	3.41	3	no cumple	1.70	1.5	cumple
03+ 620.00	3.10	3	no cumple	1.95	1.5	cumple
03+ 640.00	4.78	3	no cumple	0.52	1.5	no cumple
03+ 660.00	0.38	3	cumple	2.52	1.5	cumple
03+ 680.00	2.32	3	cumple	1.46	1.5	no cumple
03+ 700.00	3.67	3	no cumple	1.55	1.5	cumple
03+ 720.00	1.21	3	cumple	2.59	1.5	cumple
03+ 740.00	1.21	3	cumple	2.37	1.5	cumple
03+ 760.00	1.54	3	cumple	2.40	1.5	cumple
03+ 780.00	1.24	3	cumple	3.93	1.5	cumple
03+ 800.00	6.04	3	no cumple	2.81	1.5	cumple
03+ 820.00	0.24	3	cumple	1.92	1.5	cumple
03+ 840.00	1.77	3	cumple	3.69	1.5	cumple
03+ 860.00	0.94	3	cumple	1.19	1.5	no cumple
03+ 880.00	1.22	3	cumple	4.95	1.5	cumple
03+ 900.00	1.28	3	cumple	4.16	1.5	cumple
03+ 920.00	0.60	3	cumple	3.72	1.5	cumple
03+ 940.00	0.62	3	cumple	3.85	1.5	cumple
03+ 960.00	1.23	3	cumple	3.64	1.5	cumple
03+ 980.00	1.87	3	cumple	1.76	1.5	cumple
04+ 000.00	0.24	3	cumple	4.41	1.5	cumple
04+ 020.00	0.73	3	cumple	2.83	1.5	cumple
04+ 040.00	1.81	3	cumple	3.93	1.5	cumple
04+ 060.00	0.71	3	cumple	1.09	1.5	no cumple
04+ 080.00	1.15	3	cumple	3.65	1.5	cumple
04+ 100.00	0.61	3	cumple	2.51	1.5	cumple
04+ 120.00	1.12	3	cumple	0.72	1.5	no cumple
04+ 140.00	1.18	3	cumple	0.57	1.5	no cumple
04+ 160.00	1.77	3	cumple	2.60	1.5	cumple
04+ 180.00	1.48	3	cumple	4.67	1.5	cumple
04+ 200.00	4.07	3	no cumple	0.94	1.5	no cumple
04+ 220.00	1.37	3	cumple	2.74	1.5	cumple
04+ 240.00	2.20	3	cumple	3.74	1.5	cumple
04+ 260.00	0.49	3	cumple	1.79	1.5	cumple
04+ 280.00	1.00	3	cumple	4.57	1.5	cumple
04+ 300.00	1.17	3	cumple	0.74	1.5	no cumple
04+ 320.00	1.67	3	cumple	4.46	1.5	cumple
04+ 340.00	1.68	3	cumple	4.84	1.5	cumple
04+ 360.00	1.73	3	cumple	4.34	1.5	cumple

(...continuación de tabla 3.17)

Progresiva	Talud de corte (V)	Máx. talud de corte (V:H=3:1)	Evaluación de talud de corte	Talud de relleno (H)	Máx. talud de relleno (V:H=1:1.5)	Evaluación de talud de relleno
04+ 380.00	1.72	3	cumple	5.69	1.5	cumple
04+ 400.00	1.94	3	cumple	9.06	1.5	cumple
04+ 420.00	0.59	3	cumple	9.06	1.5	cumple
04+ 440.00	0.60	3	cumple	12.35	1.5	cumple
04+ 460.00	0.24	3	cumple	13.27	1.5	cumple
04+ 480.00	0.46	3	cumple	14.10	1.5	cumple
04+ 500.00	0.75	3	cumple	10.88	1.5	cumple
04+ 520.00	0.50	3	cumple	0.00	1.5	no cumple
04+ 540.00	0.00	3	cumple	1.90	1.5	cumple
04+ 560.00	0.00	3	cumple	0.96	1.5	no cumple
04+ 580.00	0.00	3	cumple	10.37	1.5	cumple
04+ 600.00	0.00	3	cumple	7.98	1.5	cumple
04+ 620.00	0.67	3	cumple	15.40	1.5	cumple
04+ 640.00	0.12	3	cumple	0.00	1.5	no cumple
04+ 660.00	0.09	3	cumple	0.00	1.5	no cumple
04+ 680.00	5.27	3	no cumple	2.55	1.5	cumple
04+ 700.00	0.82	3	cumple	3.26	1.5	cumple
04+ 720.00	1.81	3	cumple	0.00	1.5	no cumple
04+ 740.00	0.60	3	cumple	3.29	1.5	cumple
04+ 760.00	0.09	3	cumple	3.12	1.5	cumple
04+ 780.00	4.02	3	no cumple	0.13	1.5	no cumple
04+ 800.00	2.35	3	cumple	0.80	1.5	no cumple
04+ 820.00	2.70	3	cumple	0.80	1.5	no cumple
04+ 840.00	16.30	3	no cumple	0.08	1.5	no cumple
04+ 860.00	9.49	3	no cumple	0.47	1.5	no cumple
04+ 880.00	3.20	3	no cumple	0.00	1.5	no cumple
04+ 900.00	1.03	3	cumple	0.00	1.5	no cumple
04+ 920.00	2.21	3	cumple	13.55	1.5	cumple
04+ 940.00	1.39	3	cumple	0.36	1.5	no cumple
04+ 960.00	10.16	3	no cumple	1.91	1.5	cumple
04+ 980.00	1.96	3	cumple	2.26	1.5	cumple
05+ 000.00	1.56	3	cumple	0.64	1.5	no cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.3. Evaluación longitud de curva horizontal.

Para evaluar la longitud de curva horizontal se realizó según el MDCNPBVT (2005), donde indica que, para carreteras con velocidad directriz menor a 50 Km/h lo siguiente:

➤ Para una velocidad de $20 \text{ km/h} \leq 50 \text{ Km/h}$ y $\Delta \geq 5^\circ$, la longitud mínima de curva será:

$L = 3 V$ (L= longitud de curva en metros y V= velocidad en Km/hora).

$L = 3 \times 20$

L = 60 m. (longitud de curva horizontal mínima)

➤Para una velocidad de $20 \text{ km/h} \leq 50 \text{ Km/h}$ y $\Delta \leq 5^\circ$, la longitud mínima de curva será:

$L \geq 30*(10 - \Delta)$

Tabla 3.18.

Evaluación de longitud de curva horizontal.

N° curva	Progresiva		Ángulo Δ			Lc (m.)	Long. mín. de curva	Evaluación longitud curva
	PC	PT	gra	min	seg			
C1	0+024.79	0+050.03	28°	55'	13"	25.24	60.00	no cumple
C2	0+058.19	0+067.02	50°	34'	34"	8.83	60.00	no cumple
C3	0+119.62	0+130.35	61°	29'	10"	10.73	60.00	no cumple
C4	0+156.81	0+171.57	16°	54'	26"	14.75	60.00	no cumple
C5	0+206.94	0+215.92	25°	43'	17"	8.98	60.00	no cumple
C6	0+236.12	0+245.06	20°	28'	45"	8.94	60.00	no cumple
C7	0+279.48	0+292.67	50°	23'	46"	13.19	60.00	no cumple
C8	0+299.06	0+329.53	11°	38'	22"	30.47	60.00	no cumple
C9	0+430.17	0+441.25	18°	08'	21"	11.08	60.00	no cumple
C10	0+452.23	0+465.92	26°	08'	53"	13.69	60.00	no cumple
C11	0+487.80	0+509.25	12°	17'	26"	21.45	60.00	no cumple
C12	0+584.15	0+628.91	32°	03'	36"	44.76	60.00	no cumple
C13	0+657.19	0+679.77	25°	52'	36"	22.58	60.00	no cumple
C14	0+694.54	0+734.32	16°	16'	51"	39.78	60.00	no cumple
C15	0+752.79	0+795.62	49°	04'	28"	42.83	60.00	no cumple
C16	0+815.05	0+838.27	44°	21'	13"	23.22	60.00	no cumple
C17	0+883.78	0+891.41	29°	09'	11"	7.63	60.00	no cumple
C18	0+896.60	0+907.57	52°	23'	00"	10.97	60.00	no cumple
C19	0+941.01	0+953.74	38°	24'	05"	12.73	60.00	no cumple
C20	0+972.94	0+976.74	19°	48'	05"	3.80	60.00	no cumple
C21	0+995.15	1+004.98	31°	17'	42"	9.83	60.00	no cumple
C22	1+012.41	1+043.05	15°	16'	05"	30.64	60.00	no cumple
C23	1+075.43	1+079.85	42°	12'	45"	4.42	60.00	no cumple
C24	1+093.67	1+098.50	34°	37'	25"	4.83	60.00	no cumple
C25	1+122.39	1+131.48	13°	01'	13"	9.09	60.00	no cumple
C26	1+149.35	1+195.07	40°	17'	49"	45.72	60.00	no cumple
C27	1+249.80	1+276.42	14°	31'	35"	26.62	60.00	no cumple
C28	1+298.64	1+305.16	28°	44'	47"	6.52	60.00	no cumple
C29	1+333.32	1+356.53	24°	10'	20"	23.20	60.00	no cumple
C30	1+375.55	1+383.60	07°	41'	26"	8.05	60.00	no cumple
C31	1+434.39	1+444.97	86°	31'	22"	10.57	60.00	no cumple

(...continuación de tabla 3.18)

N° curva	Progresiva		Ángulo Δ			Lc (m.)	Long. mín. de curva	Evaluación longitud curva
	PC	PT	gra	min	seg			
C32	1+449.27	1+470.87	30°	56'	49"	21.61	60.00	no cumple
C33	1+505.78	1+532.29	15°	11'	22"	26.51	60.00	no cumple
C34	1+573.34	1+593.76	12°	59'	53"	20.42	60.00	no cumple
C35	1+610.39	1+633.08	10°	50'	12"	22.70	60.00	no cumple
C36	1+655.72	1+664.97	88°	18'	46"	9.25	60.00	no cumple
C37	1+665.43	1+677.19	67°	20'	55"	11.75	60.00	no cumple
C38	1+713.25	1+746.86	14°	15'	51"	33.61	60.00	no cumple
C39	1+783.55	1+804.65	25°	11'	38"	21.11	60.00	no cumple
C40	1+810.86	1+821.43	151°	25'	54"	10.57	60.00	no cumple
C41	1+825.39	1+856.31	35°	25'	36"	30.92	60.00	no cumple
C42	1+870.49	1+900.74	09°	22'	14"	30.26	60.00	no cumple
C43	1+934.22	1+941.41	68°	36'	28"	7.18	60.00	no cumple
C44	1+941.75	1+950.96	105°	26'	06"	9.20	60.00	no cumple
C45	1+961.06	1+967.72	21°	12'	36"	6.66	60.00	no cumple
C46	2+000.14	2+023.83	12°	55'	47"	23.69	60.00	no cumple
C47	2+044.25	2+072.85	06°	49'	38"	28.60	60.00	no cumple
C48	2+088.29	2+095.12	65°	17'	31"	6.84	60.00	no cumple
C49	2+095.59	2+102.82	103°	33'	04"	7.23	60.00	no cumple
C50	2+111.90	2+118.83	15°	52'	26"	6.93	60.00	no cumple
C51	2+161.21	2+188.94	06°	21'	16"	27.73	60.00	no cumple
C52	2+225.23	2+254.52	37°	17'	52"	29.29	60.00	no cumple
C53	2+256.09	2+267.03	156°	38'	21"	10.94	60.00	no cumple
C54	2+278.04	2+305.38	44°	44'	58"	27.34	60.00	no cumple
C55	2+320.98	2+334.44	14°	01'	39"	13.47	60.00	no cumple
C56	2+346.40	2+352.55	06°	24'	21"	6.15	60.00	no cumple
C57	2+423.51	2+459.52	13°	18'	35"	36.01	60.00	no cumple
C58	2+461.11	2+466.14	72°	05'	46"	5.03	60.00	no cumple
C59	2+467.04	2+473.85	97°	27'	55"	6.80	60.00	no cumple
C60	2+475.98	2+524.16	25°	05'	50"	48.18	60.00	no cumple
C61	2+556.19	2+574.93	11°	55'	47"	18.74	60.00	no cumple
C62	2+590.34	2+643.88	16°	08'	49"	53.55	60.00	no cumple
C63	2+673.08	2+682.70	68°	56'	48"	9.63	60.00	no cumple
C64	2+682.71	2+688.67	85°	20'	14"	5.96	60.00	no cumple
C65	2+740.08	2+750.20	96°	36'	18"	10.12	60.00	no cumple
C66	2+751.50	2+761.98	75°	04'	58"	10.48	60.00	no cumple
C67	2+787.55	2+834.12	53°	21'	47"	46.57	60.00	no cumple
C68	2+835.97	2+841.48	79°	02'	25"	5.52	60.00	no cumple
C69	2+842.21	2+848.86	76°	16'	14"	6.66	60.00	no cumple
C70	2+856.59	2+867.51	34°	44'	10"	10.91	60.00	no cumple
C71	2+921.99	2+938.20	06°	52'	37"	16.20	60.00	no cumple
C72	2+971.44	3+042.68	20°	24'	34"	71.24	60.00	cumple

(...continuación de tabla 3.18)

N° curva	Progresiva		Ángulo Δ			Lc (m.)	Long. mín. de curva	Evaluación longitud curva
	PC	PT	gra	min	seg			
C73	3+080.17	3+102.53	28°	27'	45"	22.35	60.00	no cumple
C74	3+179.37	3+202.73	09°	33'	30"	23.36	60.00	no cumple
C75	3+223.26	3+227.67	25°	14'	53"	4.41	60.00	no cumple
C76	3+244.17	3+285.31	52°	22'	48"	41.14	60.00	no cumple
C77	3+295.54	3+301.11	53°	11'	03"	5.57	60.00	no cumple
C78	3+340.28	3+352.22	76°	02'	56"	11.95	60.00	no cumple
C79	3+353.39	3+361.96	81°	48'	02"	8.57	60.00	no cumple
C80	3+391.14	3+398.56	42°	31'	23"	7.42	60.00	no cumple
C81	3+406.60	3+431.97	13°	12'	56"	25.37	60.00	no cumple
C82	3+475.35	3+485.34	11°	26'	29"	9.98	60.00	no cumple
C83	3+528.59	3+576.60	11°	00'	11"	48.01	60.00	no cumple
C84	3+592.41	3+629.11	36°	15'	04"	36.70	60.00	no cumple
C85	3+629.27	3+656.76	68°	28'	34"	27.49	60.00	no cumple
C86	3+681.31	3+734.72	07°	39'	01"	53.41	60.00	no cumple
C87	3+798.33	3+836.11	10°	49'	23"	37.78	60.00	no cumple
C88	3+847.75	3+855.78	38°	21'	17"	8.03	60.00	no cumple
C89	3+867.34	3+907.30	50°	53'	02"	39.96	60.00	no cumple
C90	3+911.82	3+971.40	40°	09'	26"	59.57	60.00	no cumple
C91	3+999.52	4+016.71	07°	01'	55"	17.18	60.00	no cumple
C92	4+046.44	4+058.74	28°	12'	04"	12.31	60.00	no cumple
C93	4+139.00	4+159.77	59°	29'	03"	20.76	60.00	no cumple
C94	4+168.98	4+198.58	33°	55'	04"	29.60	60.00	no cumple
C95	4+205.86	4+230.78	35°	41'	36"	24.92	60.00	no cumple
C96	4+233.49	4+255.05	14°	31'	46"	21.55	60.00	no cumple
C97	4+319.38	4+342.83	22°	23'	08"	23.44	60.00	no cumple
C98	4+430.02	4+501.58	22°	46'	39"	71.56	60.00	cumple
C99	4+513.75	4+539.46	58°	55'	37"	25.71	60.00	no cumple
C100	4+561.90	4+591.38	48°	15'	05"	29.48	60.00	no cumple
C101	4+619.52	4+672.62	50°	42'	17"	53.10	60.00	no cumple
C102	4+708.81	4+727.03	69°	36'	33"	18.22	60.00	no cumple
C103	4+734.23	4+769.23	57°	18'	00"	35.00	60.00	no cumple
C104	4+920.03	4+956.33	06°	55'	52"	36.29	60.00	no cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.4. Evaluación de radios.

La evaluación de radios de las curvas horizontales se realizó tomando en cuenta el radio mínimo que es 10 m según el MDCNPBVT (tabla 3.8), ya que si hay un radio menor a este dificultara dar la vuelta un vehículo, considerando que el vehículo de diseño es un C2. Dicha evaluación se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 3.19.

Evaluación de radios.

N° curva	Progresiva PI	Radio (m)	Radio mínimo	Evaluación de radio
C1	0+037.69	50.00	10.00	cumple
C2	0+062.92	10.00	10.00	cumple
C3	0+125.56	10.00	10.00	cumple
C4	0+164.24	50.00	10.00	cumple
C5	0+211.51	20.00	10.00	cumple
C6	0+240.64	25.00	10.00	cumple
C7	0+286.54	15.00	10.00	cumple
C8	0+314.34	150.00	10.00	cumple
C9	0+435.75	35.00	10.00	cumple
C10	0+459.19	30.00	10.00	cumple
C11	0+498.56	100.00	10.00	cumple
C12	0+607.14	80.00	10.00	cumple
C13	0+668.67	50.00	10.00	cumple
C14	0+714.57	140.00	10.00	cumple
C15	0+775.62	50.00	10.00	cumple
C16	0+827.28	30.00	10.00	cumple
C17	0+887.68	15.00	10.00	cumple
C18	0+902.50	12.00	10.00	cumple
C19	0+947.63	19.00	10.00	cumple
C20	0+974.86	11.00	10.00	cumple
C21	1+000.19	18.00	10.00	cumple
C22	1+027.82	115.00	10.00	cumple
C23	1+077.74	6.00	10.00	no cumple
C24	1+096.16	8.00	10.00	no cumple
C25	1+126.96	40.00	10.00	cumple
C26	1+173.20	65.00	10.00	cumple
C27	1+263.18	105.00	10.00	cumple
C28	1+301.97	13.00	10.00	cumple
C29	1+345.10	55.00	10.00	cumple
C30	1+379.58	60.00	10.00	cumple
C31	1+440.98	7.00	10.00	no cumple
C32	1+460.34	40.00	10.00	cumple
C33	1+519.11	100.00	10.00	cumple
C34	1+583.59	90.00	10.00	cumple
C35	1+621.77	120.00	10.00	cumple
C36	1+661.54	6.00	10.00	no cumple
C37	1+672.09	10.00	10.00	cumple
C38	1+730.14	135.00	10.00	cumple
C39	1+794.27	48.00	10.00	cumple
C40	1+826.57	4.00	10.00	no cumple

(...continuación de tabla 3.19)

N° curva	Progresiva PI	Radio (m)	Radio mínimo	Evaluación de radio
C41	1+841.36	50.00	10.00	cumple
C42	1+885.65	185.00	10.00	cumple
C43	1+938.32	6.00	10.00	no cumple
C44	1+948.32	5.00	10.00	no cumple
C45	1+964.43	18.00	10.00	cumple
C46	2+012.04	105.00	10.00	cumple
C47	2+058.57	240.00	10.00	cumple
C48	2+092.13	6.00	10.00	no cumple
C49	2+100.67	4.00	10.00	no cumple
C50	2+115.38	25.00	10.00	cumple
C51	2+175.09	250.00	10.00	cumple
C52	2+240.42	45.00	10.00	cumple
C53	2+275.44	4.00	10.00	no cumple
C54	2+292.45	35.00	10.00	cumple
C55	2+327.74	55.00	10.00	cumple
C56	2+349.48	55.00	10.00	cumple
C57	2+441.60	155.00	10.00	cumple
C58	2+464.02	4.00	10.00	no cumple
C59	2+471.60	4.00	10.00	no cumple
C60	2+500.46	110.00	10.00	cumple
C61	2+565.60	90.00	10.00	cumple
C62	2+617.29	190.00	10.00	cumple
C63	2+678.57	8.00	10.00	no cumple
C64	2+686.40	4.00	10.00	no cumple
C65	2+746.82	6.00	10.00	no cumple
C66	2+757.65	8.00	10.00	no cumple
C67	2+812.68	50.00	10.00	cumple
C68	2+839.27	4.00	10.00	no cumple
C69	2+846.13	5.00	10.00	no cumple
C70	2+862.22	18.00	10.00	cumple
C71	2+930.10	135.00	10.00	cumple
C72	3+007.44	200.00	10.00	cumple
C73	3+091.59	45.00	10.00	cumple
C74	3+191.08	140.00	10.00	cumple
C75	3+225.50	10.00	10.00	cumple
C76	3+266.30	45.00	10.00	cumple
C77	3+298.54	6.00	10.00	no cumple
C78	3+347.31	9.00	10.00	no cumple
C79	3+358.59	6.00	10.00	no cumple
C80	3+395.03	10.00	10.00	cumple
C81	3+419.34	110.00	10.00	cumple

(...continuación de tabla 3.19)

N° curva	Progresiva PI	Radio (m)	Radio mínimo	Evaluación de radio
C82	3+480.36	50.00	10.00	cumple
C83	3+552.67	250.00	10.00	cumple
C84	3+611.40	58.00	10.00	cumple
C85	3+644.93	23.00	10.00	cumple
C86	3+708.06	400.00	10.00	cumple
C87	3+817.27	200.00	10.00	cumple
C88	3+851.92	12.00	10.00	cumple
C89	3+888.75	45.00	10.00	cumple
C90	3+911.82	85.00	10.00	cumple
C91	4+008.13	140.00	10.00	cumple
C92	4+052.72	25.00	10.00	cumple
C93	4+150.43	20.00	10.00	cumple
C94	4+184.23	50.00	10.00	cumple
C95	4+218.74	40.00	10.00	cumple
C96	4+244.33	85.00	10.00	cumple
C97	4+331.26	60.00	10.00	cumple
C98	4+466.28	180.00	10.00	cumple
C99	4+527.87	25.00	10.00	cumple
C100	4+577.58	35.00	10.00	cumple
C101	4+647.95	60.00	10.00	cumple
C102	4+719.24	15.00	10.00	cumple
C103	4+753.35	35.00	10.00	cumple
C104	4+938.20	300.00	10.00	cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.5. Evaluación de sobrecanchos.

La evaluación se hizo comparando los sobrecanchos existentes con los sobrecanchos calculados en base a los radios existentes en la vía (tabla 3.8). Para este caso donde el vehículo de diseño es un C2 el sobrecancho máximo se halla cuando el radio es 7.3m, en el caso que el radio sea menor, la fórmula para calcular el sobrecancho no se podría utilizar.

Tabla 3.20.

Evaluación de sobrecancho.

N° curva	Progresiva PI	Sobrecancho actual (m)	Sobrecancho calculado (m)	Evaluación de Sa
C1	0+037.69	0.00	0.8	no cumple
C2	0+062.92	1.57	3.8	no cumple
C3	0+125.56	4.25	3.8	cumple
C4	0+164.24	0.00	0.8	no cumple
C5	0+211.51	0.00	1.8	no cumple

(...continuación de tabla 3.20)

N° curva	Progresiva PI	Sobrancho actual (m)	Sobrancho calculado (m)	Evaluación de Sa
C6	0+240.64	0.00	1.5	no cumple
C7	0+286.54	2.05	2.4	no cumple
C8	0+314.34	0.00	0.3	no cumple
C9	0+435.75	0.00	1.1	no cumple
C10	0+459.19	0.41	1.3	no cumple
C11	0+498.56	0.00	0.5	no cumple
C12	0+607.14	0.00	0.6	no cumple
C13	0+668.67	0.61	0.8	no cumple
C14	0+714.57	0.00	0.4	no cumple
C15	0+775.62	0.75	0.8	no cumple
C16	0+827.28	1.41	1.3	cumple
C17	0+887.68	0.74	2.4	no cumple
C18	0+902.50	2.06	3.1	no cumple
C19	0+947.63	1.26	1.9	no cumple
C20	0+974.86	0.07	3.4	no cumple
C21	1+000.19	0.11	2.02	no cumple
C22	1+027.82	1.50	0.42	cumple
C23	1+077.74	1.18	-	no cumple
C24	1+096.16	0.00	5.43	no cumple
C25	1+126.96	0.00	0.99	no cumple
C26	1+173.20	0.35	0.66	no cumple
C27	1+263.18	0.26	0.45	no cumple
C28	1+301.97	0.00	2.80	no cumple
C29	1+345.10	0.00	0.76	no cumple
C30	1+379.58	0.00	0.70	no cumple
C31	1+440.98	0.00	-	no cumple
C32	1+460.34	0.00	0.99	no cumple
C33	1+519.11	0.00	0.47	no cumple
C34	1+583.59	0.00	0.51	no cumple
C35	1+621.77	0.00	1.00	no cumple
C36	1+661.54	0.21	-	no cumple
C37	1+672.09	0.00	3.80	no cumple
C38	1+730.14	0.00	1.00	no cumple
C39	1+794.27	0.00	1.00	no cumple
C40	1+826.57	0.33	-	no cumple
C41	1+841.36	1.78	0.82	cumple
C42	1+885.65	0.00	1.00	no cumple
C43	1+938.32	2.91	1.00	cumple
C44	1+948.32	1.35	-	no cumple
C45	1+964.43	0.00	2.02	no cumple
C46	2+012.04	0.00	0.45	no cumple

(...continuación de tabla 3.20)

N° curva	Progresiva PI	Sobrancho actual (m)	Sobrancho calculado (m)	Evaluación de Sa
C47	2+058.57	0.00	1.00	no cumple
C48	2+092.13	1.73	1.00	cumple
C49	2+100.67	3.04	-	no cumple
C50	2+115.38	0.83	1.49	no cumple
C51	2+175.09	0.00	0.23	no cumple
C52	2+240.42	1.04	1.00	cumple
C53	2+275.44	1.34	1.00	cumple
C54	2+292.45	1.04	1.11	no cumple
C55	2+327.74	0.00	0.76	no cumple
C56	2+349.48	0.00	0.76	no cumple
C57	2+441.60	0.00	0.33	no cumple
C58	2+464.02	2.58	1.00	cumple
C59	2+471.60	0.00	1.00	no cumple
C60	2+500.46	0.02	0.43	no cumple
C61	2+565.60	0.00	0.51	no cumple
C62	2+617.29	0.00	0.29	no cumple
C63	2+678.57	2.83	5.43	no cumple
C64	2+686.40	0.07	1.00	no cumple
C65	2+746.82	4.46	1.00	cumple
C66	2+757.65	0.00	1.00	no cumple
C67	2+812.68	0.00	0.82	no cumple
C68	2+839.27	1.39	1.00	cumple
C69	2+846.13	1.34	1.00	cumple
C70	2+862.22	2.67	2.02	cumple
C71	2+930.10	0.00	0.37	no cumple
C72	3+007.44	0.00	0.27	no cumple
C73	3+091.59	0.00	0.89	no cumple
C74	3+191.08	0.00	0.36	no cumple
C75	3+225.50	0.00	3.80	no cumple
C76	3+266.30	0.00	0.89	no cumple
C77	3+298.54	0.94	-	no cumple
C78	3+347.31	2.37	4.40	no cumple
C79	3+358.59	1.79	-	no cumple
C80	3+395.03	0.20	3.80	no cumple
C81	3+419.34	0.13	0.43	no cumple
C82	3+480.36	0.00	0.82	no cumple
C83	3+552.67	0.00	0.23	no cumple
C84	3+611.40	0.00	0.72	no cumple
C85	3+644.93	0.00	1.61	no cumple
C86	3+708.06	0.00	0.17	no cumple
C87	3+817.27	0.00	0.27	no cumple

(...continuación de tabla 3.20)

N° curva	Progresiva PI	Sobrancho actual (m)	Sobrancho calculado (m)	Evaluación de Sa
C88	3+851.92	0.00	3.05	no cumple
C89	3+888.75	0.87	0.89	no cumple
C90	3+942.89	0.27	0.53	no cumple
C91	4+008.13	0.73	0.36	cumple
C92	4+052.72	0.00	1.49	no cumple
C93	4+150.43	0.00	1.83	no cumple
C94	4+184.23	0.17	0.82	no cumple
C95	4+218.74	0.00	0.99	no cumple
C96	4+244.33	0.38	0.53	no cumple
C97	4+331.26	0.00	0.70	no cumple
C98	4+466.28	2.44	0.30	cumple
C99	4+527.87	1.40	1.49	no cumple
C100	4+577.58	0.34	1.11	no cumple
C101	4+647.95	0.39	0.70	no cumple
C102	4+719.24	1.56	2.41	no cumple
C103	4+753.35	0.34	1.11	no cumple
C104	4+938.20	0.00	0.20	no cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.6. Evaluación del peralte.

Para la evaluación del peralte se lo hizo comparando el calculado de acuerdo al MDCNPVBT (tabla 3.8) con el peralte actual o que existe en la vía, es importante que se cumpla ya que los peraltes son los que contrarrestan a la fuerza centrífuga que se genera en un vehículo al atravesar una curva horizontal.

Tabla 3.21.

Evaluación del peralte.

N° curva	Progresiva PI	Peralte actual (%)	Peralte calculado (%)	Evaluación de peralte
C1	0+037.69	5.52	4.6	cumple
C2	0+062.92	0.37	8.0	no cumple
C3	0+125.56	9.35	8.0	cumple
C4	0+164.24	9.17	4.6	cumple
C5	0+211.51	6.23	7.1	no cumple
C6	0+240.64	12.85	6.5	cumple
C7	0+286.54	0.72	7.6	no cumple
C8	0+314.34	5.83	BH	cumple
C9	0+435.75	1.33	5.6	no cumple
C10	0+459.19	5.71	5.9	no cumple

(...continuación de tabla 3.21)

Nº curva	Progresiva PI	Peralte actual (%)	Peralte calculado (%)	Evaluación de peralte
C11	0+498.56	2.04	2.7	no cumple
C12	0+607.14	3.50	3.3	cumple
C13	0+668.67	7.85	4.6	cumple
C14	0+714.57	3.22	BH	cumple
C15	0+775.62	12.59	4.6	cumple
C16	0+827.28	6.67	5.9	cumple
C17	0+887.68	1.08	7.6	no cumple
C18	0+902.50	1.28	7.8	no cumple
C19	0+947.63	4.07	7.2	no cumple
C20	0+974.86	6.90	7.9	no cumple
C21	1+000.19	0.16	7.28	no cumple
C22	1+027.82	3.95	2.40	cumple
C23	1+077.74	0.35	8.36	no cumple
C24	1+096.16	3.72	8.18	no cumple
C25	1+126.96	4.51	5.20	no cumple
C26	1+173.20	8.08	3.85	cumple
C27	1+263.18	2.63	2.60	cumple
C28	1+301.97	0.08	7.73	no cumple
C29	1+345.10	3.98	4.35	no cumple
C30	1+379.58	0.18	4.10	no cumple
C31	1+440.98	11.61	8.27	cumple
C32	1+460.34	3.38	5.20	no cumple
C33	1+519.11	2.56	2.70	no cumple
C34	1+583.59	2.46	3.00	no cumple
C35	1+621.77	2.21	2.30	no cumple
C36	1+661.54	13.72	8.36	cumple
C37	1+672.09	11.89	8.00	cumple
C38	1+730.14	1.76	2.10	no cumple
C39	1+794.27	1.16	4.72	no cumple
C40	1+826.57	0.60	8.54	no cumple
C41	1+841.36	3.82	4.60	no cumple
C42	1+885.65	3.26	BN	cumple
C43	1+938.32	1.25	8.36	no cumple
C44	1+948.32	10.73	8.45	cumple
C45	1+964.43	0.83	7.28	no cumple
C46	2+012.04	1.77	2.50	no cumple
C47	2+058.57	0.05	BN	no cumple
C48	2+092.13	0.48	8.36	no cumple
C49	2+100.67	11.86	8.54	cumple
C50	2+115.38	1.61	6.50	no cumple
C51	2+175.09	3.49	BN	cumple

(...continuación de tabla 3.21)

Nº curva	Progresiva PI	Peralte actual (%)	Peralte calculado (%)	Evaluación de peralte
C52	2+240.42	4.70	4.90	no cumple
C53	2+275.44	6.31	8.54	no cumple
C54	2+292.45	2.68	5.55	no cumple
C55	2+327.74	2.13	4.35	no cumple
C56	2+349.48	6.41	4.10	cumple
C57	2+441.60	3.05	BH	cumple
C58	2+464.02	5.42	8.54	no cumple
C59	2+471.60	5.94	8.54	no cumple
C60	2+500.46	4.44	2.50	cumple
C61	2+565.60	4.45	3.00	cumple
C62	2+617.29	0.47	BN	cumple
C63	2+678.57	5.65	8.18	no cumple
C64	2+686.40	3.80	8.54	no cumple
C65	2+746.82	4.24	8.36	no cumple
C66	2+757.65	11.93	8.18	cumple
C67	2+812.68	6.60	4.60	cumple
C68	2+839.27	0.16	8.54	no cumple
C69	2+846.13	1.15	8.45	no cumple
C70	2+862.22	2.52	7.28	no cumple
C71	2+930.10	3.76	2.10	cumple
C72	3+007.44	2.67	BN	cumple
C73	3+091.59	1.51	4.90	no cumple
C74	3+191.08	5.63	BH	cumple
C75	3+225.50	4.80	8.00	no cumple
C76	3+266.30	3.86	4.90	no cumple
C77	3+298.54	3.05	8.36	no cumple
C78	3+347.31	6.83	8.09	no cumple
C79	3+358.59	6.72	8.36	no cumple
C80	3+395.03	3.85	8.00	no cumple
C81	3+419.34	3.50	2.50	cumple
C82	3+480.36	6.87	4.60	cumple
C83	3+552.67	1.81	BN	no cumple
C84	3+611.40	2.66	4.20	no cumple
C85	3+644.93	4.81	6.74	no cumple
C86	3+708.06	0.49	BN	no cumple
C87	3+817.27	2.66	BN	cumple
C88	3+851.92	1.48	7.82	no cumple
C89	3+888.75	4.85	4.90	no cumple
C90	3+942.89	2.67	3.15	no cumple
C91	4+008.13	1.15	BH	cumple
C92	4+052.72	6.57	6.50	cumple

(...continuación de tabla 3.21)

Nº curva	Progresiva PI	Peralte actual (%)	Peralte calculado (%)	Evaluación de peralte
C93	4+150.43	2.41	7.10	no cumple
C94	4+184.23	0.59	4.60	no cumple
C95	4+218.74	0.32	5.20	no cumple
C96	4+244.33	0.86	3.15	no cumple
C97	4+331.26	1.74	4.10	no cumple
C98	4+466.28	0.67	BH	cumple
C99	4+527.87	3.13	6.50	no cumple
C100	4+577.58	0.51	5.55	no cumple
C101	4+647.95	2.23	4.10	no cumple
C102	4+719.24	0.67	7.55	no cumple
C103	4+753.35	0.37	5.55	no cumple
C104	4+938.20	4.22	BN	cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.7. Evaluación de la longitud de transición de peralte.

En la siguiente tabla se presenta la evaluación de la longitud de transición del peralte, donde se compara que el peralte existente sea mayor o igual al mínimo que indica la norma (tabla 3.8) para que haya el espacio suficiente para la transición de bombeo a peralte máximo.

Tabla 3.22.

Evaluación de longitud de transición de peralte.

Nº curva	Progresiva PI	Long. trans. peralte actual (m)	Long. trans. peralte calculado (m)	Evaluación Ltp
C1	0+037.69	4.08	21.0	no cumple
C2	0+062.92	26.30	36.0	no cumple
C3	0+125.56	13.23	36.0	no cumple
C4	0+164.24	17.69	21.0	no cumple
C5	0+211.51	10.10	32.0	no cumple
C6	0+240.64	17.21	29.5	no cumple
C7	0+286.54	3.19	34.0	no cumple
C8	0+314.34	50.32	9.0	cumple
C9	0+435.75	5.49	25.0	no cumple
C10	0+459.19	10.94	27.0	no cumple
C11	0+498.56	37.45	12.0	cumple
C12	0+607.14	14.14	15.0	no cumple
C13	0+668.67	7.39	21.0	no cumple
C14	0+714.57	9.24	9.0	cumple
C15	0+775.62	9.72	21.0	no cumple
C16	0+827.28	22.75	27.0	no cumple

(...continuación de tabla 3.22)

Nº curva	Progresiva PI	Long. trans. peralte actual (m)	Long. trans. peralte calculado (m)	Evaluación Ltp
C17	0+887.68	2.60	34.0	no cumple
C18	0+902.50	16.72	35.2	no cumple
C19	0+947.63	9.60	32.4	no cumple
C20	0+974.86	9.21	35.6	no cumple
C21	1+000.19	3.72	32.80	no cumple
C22	1+027.82	16.19	10.50	cumple
C23	1+077.74	6.91	37.60	no cumple
C24	1+096.16	11.95	36.80	no cumple
C25	1+126.96	8.94	23.00	no cumple
C26	1+173.20	27.37	17.00	cumple
C27	1+263.18	11.11	11.50	no cumple
C28	1+301.97	14.08	34.80	no cumple
C29	1+345.10	9.51	19.50	no cumple
C30	1+379.58	25.40	18.00	cumple
C31	1+440.98	2.15	37.20	no cumple
C32	1+460.34	17.46	23.00	no cumple
C33	1+519.11	20.53	12.00	cumple
C34	1+583.59	8.32	14.00	no cumple
C35	1+621.77	11.32	10.00	cumple
C36	1+661.54	0.23	37.60	no cumple
C37	1+672.09	18.03	36.00	no cumple
C38	1+730.14	18.35	9.50	cumple
C39	1+794.27	3.10	21.40	no cumple
C40	1+826.57	1.98	38.40	no cumple
C41	1+841.36	7.09	21.00	no cumple
C42	1+885.65	16.74	5.40	cumple
C43	1+938.32	0.17	37.60	no cumple
C44	1+948.32	5.05	38.00	no cumple
C45	1+964.43	16.21	32.80	no cumple
C46	2+012.04	10.21	11.50	no cumple
C47	2+058.57	7.72	0.00	cumple
C48	2+092.13	0.24	37.60	no cumple
C49	2+100.67	4.54	38.40	no cumple
C50	2+115.38	21.20	29.50	no cumple
C51	2+175.09	18.15	0.00	cumple
C52	2+240.42	0.79	22.00	no cumple
C53	2+275.44	5.51	38.40	no cumple
C54	2+292.45	7.80	25.00	no cumple
C55	2+327.74	5.98	19.50	no cumple
C56	2+349.48	35.48	19.50	cumple
C57	2+441.60	0.80	9.00	no cumple

(...continuación de tabla 3.22)

Nº curva	Progresiva PI	Long. trans. peralte actual (m)	Long. trans. peralte calculado (m)	Evaluación Ltp
C58	2+464.02	0.45	38.40	no cumple
C59	2+471.60	1.07	38.40	no cumple
C60	2+500.46	16.02	11.00	cumple
C61	2+565.60	7.70	14.00	no cumple
C62	2+617.29	14.60	3.60	cumple
C63	2+678.57	0.01	36.80	no cumple
C64	2+686.40	25.71	38.40	no cumple
C65	2+746.82	0.65	37.60	no cumple
C66	2+757.65	12.78	36.80	no cumple
C67	2+812.68	0.93	21.00	no cumple
C68	2+839.27	0.36	38.40	no cumple
C69	2+846.13	3.87	38.00	no cumple
C70	2+862.22	27.24	32.80	no cumple
C71	2+930.10	16.62	9.50	cumple
C72	3+007.44	18.75	0.00	cumple
C73	3+091.59	38.42	22.00	cumple
C74	3+191.08	10.27	9.00	cumple
C75	3+225.50	8.25	36.00	no cumple
C76	3+266.30	5.12	22.00	no cumple
C77	3+298.54	19.58	37.60	no cumple
C78	3+347.31	0.59	36.40	no cumple
C79	3+358.59	14.59	37.60	no cumple
C80	3+395.03	4.02	36.00	no cumple
C81	3+419.34	21.69	11.00	cumple
C82	3+480.36	21.63	21.00	cumple
C83	3+552.67	7.91	0.00	cumple
C84	3+611.40	0.09	18.60	no cumple
C85	3+644.93	12.28	30.50	no cumple
C86	3+708.06	31.80	0.00	cumple
C87	3+817.27	5.82	0.00	cumple
C88	3+851.92	5.78	35.20	no cumple
C89	3+888.75	2.26	22.00	no cumple
C90	3+911.82	14.07	14.50	no cumple
C91	4+008.13	14.87	9.00	cumple
C92	4+052.72	40.13	29.50	cumple
C93	4+150.43	4.61	32.00	no cumple
C94	4+184.23	3.64	21.00	no cumple
C95	4+218.74	1.36	23.00	no cumple
C96	4+244.33	32.17	14.50	cumple
C97	4+331.26	43.60	18.00	cumple
C98	4+466.28	6.09	7.20	no cumple

(...continuación de tabla 3.22)

N° curva	Progresiva PI	Long. trans. peralte actual (m)	Long. trans. peralte calculado (m)	Evaluación Ltp
C99	4+527.87	11.22	29.50	no cumple
C100	4+577.58	14.07	25.00	no cumple
C101	4+647.95	18.10	18.00	cumple
C102	4+719.24	3.60	34.00	no cumple
C103	4+753.35	75.40	25.00	cumple
C104	4+938.20	21.84	0.00	cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.8. Evaluación de las distancias de visibilidad.

La evaluación de la distancia de visibilidad se hizo para ver si es necesario que existan banquetas que permitan la visibilidad en curvas horizontales. Y se determinó que debe existir una distancia que es igual a la distancia de la ordenada media (M) (tabla 3.10) o también denominada como flecha, Ya que ésta proporcionará la distancia de visibilidad necesaria.

Tabla 3. 23.

Evaluación de banquetas de visibilidad en curvas horizontales

N° curva	Progresiva	Necesita ser evaluado	Ancho mínimo libre (M)	Ancho mínimo libre existente	Necesita banquetas de visibilidad
C1	0+037.69	si	1.27	1.96	no necesita
C2	0+062.92	no	-	-	-
C3	0+125.56	si	5.69	4.38	si necesita
C4	0+164.24	no	-	-	-
C5	0+211.51	no	-	-	-
C6	0+240.64	si	2.49	2.06	si necesita
C7	0+286.54	no	-	-	-
C8	0+314.34	no	-	-	-
C9	0+435.75	no	-	-	-
C10	0+459.19	si	2.18	2.46	no necesita
C11	0+498.56	no	-	-	-
C12	0+607.14	si	0.79	2.04	no necesita
C13	0+668.67	si	0.00	2.56	no necesita
C14	0+714.57	no	-	-	-
C15	0+775.62	no	-	-	-
C16	0+827.28	si	2.07	2.96	no necesita
C17	0+887.68	no	-	-	-
C18	0+902.50	si	4.87	3.28	si necesita
C19	0+947.63	no	-	-	-
C20	0+974.86	si	5.24	2.29	si necesita

(...continuación de tabla 3.23)

N° curva	Progresiva	Necesita ser evaluado	Ancho mínimo libre (M)	Ancho mínimo libre existente	Necesita banquetas de visibilidad
C21	1+000.19	no	-	-	-
C22	1+027.82	si	0.55	3.00	no necesita
C23	1+077.74	no	-	-	-
C24	1+096.16	si	6.66	2.10	si necesita
C25	1+126.96	si	1.56	2.04	no necesita
C26	1+173.20	no	-	-	-
C27	1+263.18	si	0.60	2.38	no necesita
C28	1+301.97	si	4.56	2.20	si necesita
C29	1+345.10	si	1.14	1.87	no necesita
C30	1+379.58	no	-	-	-
C31	1+440.98	no	-	-	-
C32	1+460.34	no	-	-	-
C33	1+519.11	si	0.63	1.68	no necesita
C34	1+583.59	si	0.70	1.61	no necesita
C35	1+621.77	si	0.52	2.09	no necesita
C36	1+661.54	si	7.76	2.36	si necesita
C37	1+672.09	si	5.65	2.15	si necesita
C38	1+730.14	si	0.47	2.17	no necesita
C39	1+794.27	si	1.30	1.96	no necesita
C40	1+826.57	si	7.77	2.42	si necesita
C41	1+841.36	si	1.26	3.14	no necesita
C42	1+885.65	no	-	-	-
C43	1+938.32	si	7.79	3.71	si necesita
C44	1+948.32	si	8.13	2.93	si necesita
C45	1+964.43	si	3.40	2.12	si necesita
C46	2+012.04	no	-	-	-
C47	2+058.57	no	-	-	-
C48	2+092.13	si	7.79	3.12	si necesita
C49	2+100.67	si	7.78	3.77	si necesita
C50	2+115.38	si	2.48	2.67	no necesita
C51	2+175.09	no	-	-	-
C52	2+240.42	si	1.40	2.77	no necesita
C53	2+275.44	si	7.78	2.92	si necesita
C54	2+292.45	si	1.79	2.77	no necesita
C55	2+327.74	no	-	-	-
C56	2+349.48	no	-	-	-
C57	2+441.60	no	-	-	-
C58	2+464.02	si	7.78	3.54	si necesita
C59	2+471.60	si	7.78	1.82	si necesita
C60	2+500.46	si	0.59	2.26	no necesita

(...continuación de tabla 3.23)

Nº curva	Progresiva	Necesita ser evaluado	Ancho mínimo libre (M)	Ancho mínimo libre existente	Necesita banquetas de visibilidad
C61	2+565.60	no	-	-	-
C62	2+617.29	no	-	-	-
C63	2+678.57	si	6.66	3.67	si necesita
C64	2+686.40	si	7.78	2.29	si necesita
C65	2+746.82	si	7.77	4.48	si necesita
C66	2+757.65	si	6.66	2.04	si necesita
C67	2+812.68	si	1.26	1.95	no necesita
C68	2+839.27	si	7.78	2.95	si necesita
C69	2+846.13	si	8.13	2.92	si necesita
C70	2+862.22	si	3.40	3.59	no necesita
C71	2+930.10	no	-	-	-
C72	3+007.44	no	-	-	-
C73	3+091.59	si	1.40	0.00	si necesita
C74	3+191.08	no	-	-	-
C75	3+225.50	si	5.73	2.16	si necesita
C76	3+266.30	no	-	-	-
C77	3+298.54	si	7.75	2.72	si necesita
C78	3+347.31	si	6.12	3.44	si necesita
C79	3+358.59	si	7.75	3.15	si necesita
C80	3+395.03	si	5.69	2.35	si necesita
C81	3+419.34	no	-	-	-
C82	3+480.36	no	-	-	-
C83	3+552.67	no	-	-	-
C84	3+611.40	si	1.09	1.99	no necesita
C85	3+644.93	si	2.70	1.63	si necesita
C86	3+708.06	no	-	-	-
C87	3+817.27	no	-	-	-
C88	3+851.92	si	4.90	1.38	si necesita
C89	3+888.75	no	-	-	-
C90	3+911.82	no	-	-	-
C91	4+008.13	no	-	-	-
C92	4+052.72	no	-	-	-
C93	4+150.43	no	-	-	-
C94	4+184.23	si	1.28	2.34	no necesita
C95	4+218.74	si	0.16	2.04	no necesita
C96	4+244.33	no	-	-	-
C97	4+331.26	no	-	-	-
C98	4+466.28	no	-	-	-
C99	4+527.87	no	-	-	-
C100	4+577.58	no	-	-	-

(...continuación de tabla 3.23)

N° curva	Progresiva	Necesita ser evaluado	Ancho mínimo libre (M)	Ancho mínimo libre existente	Necesita banquetas de visibilidad
C101	4+647.95	no	-	-	-
C102	4+719.24	no	-	-	-
C103	4+753.35	no	-	-	-
C104	4+938.20	no	-	-	-

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.9. Evaluación de las curvas verticales.

La evaluación de las curvas verticales se realizó comparando las longitudes de curvas verticales encontradas en la carretera, con las longitudes de curvas verticales que debería tener como mínimo según el MDCNPVBT (tabla 3.12), para ver si tienen las dimensiones necesarias para garantizar la seguridad en la carretera.

Tabla 3.24.

Evaluación de longitud de curvas verticales.

N° curva vertical	PIV	Long. curva vertical actual (m)	Long. curva vertical calculada (m)	Evaluación de longitud curva vertical
1	0+078.48	60	6.20	cumple
2	0+453.50	65	4.55	cumple
3	0+597.55	40	21.65	cumple
4	0+819.27	25	2.64	cumple
5	0+868.07	18	10.04	cumple
6	1+184.39	150	1.48	cumple
7	1+621.19	70	8.90	cumple
8	1+830.64	75	2.60	cumple
9	2+499.60	35	3.81	cumple
10	2+621.73	20	17.81	cumple
11	2+774.25	150	1.45	cumple
12	3+135.74	50	2.02	cumple
13	3+240.12	55	19.95	cumple
14	3+380.20	50	3.94	cumple
15	3+952.31	60	8.11	cumple
16	4+090.88	50	19.72	cumple
17	4+194.64	30	4.53	cumple
18	4+347.04	25	14.81	cumple
19	4+433.57	50	3.43	cumple
20	4+489.95	20	16.32	cumple

(...continuación de tabla 3.24)

N° curva vertical	PIV	Long. curva vertical actual (m)	Long. curva vertical calculada (m)	Evaluación de longitud curva vertical
21	4+648.21	40	10.10	cumple
22	4+717.23	20	21.99	no cumple
23	4+920.00	40	14.28	cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.10.10. Evaluación de pendientes.

La pendiente es un parámetro muy importante a considerar en el diseño geométrico de una carretera. Para la evaluación de pendientes se comparó la pendiente encontrada, con lo normado en el MDCNPBVT (tabla 3.13), y esta debería ser menor o igual a la pendiente máxima y mayor o igual que la pendiente mínima.

Tabla 3.25.

Evaluación de pendientes.

Punto inicial	Punto final	Pendiente Actual (i)	Pendiente máxima	Pendiente mínima	Evaluación de pendiente
0+000.00	0+078.48	8.49%	10.00%	0.50%	cumple
0+078.48	0+453.50	11.44%	10.00%	0.50%	no cumple
0+453.50	0+597.55	3.86%	10.00%	0.50%	cumple
0+597.55	0+819.27	14.17%	10.00%	0.50%	no cumple
0+819.27	0+868.07	9.77%	10.00%	0.50%	cumple
0+868.07	1+000.00	14.55%	10.00%	0.50%	no cumple
1+000.00	1+184.39	14.55%	10.00%	0.50%	no cumple
1+184.39	1+621.19	12.08%	10.00%	0.50%	no cumple
1+621.19	1+830.64	16.32%	10.00%	0.50%	no cumple
1+184.39	2+000.00	11.99%	10.00%	0.50%	no cumple
2+000.00	2+499.60	11.99%	10.00%	0.50%	no cumple
2+499.60	2+621.73	5.64%	10.00%	0.50%	cumple
2+621.73	2+774.25	14.12%	10.00%	0.50%	no cumple
2+774.25	3+000.00	11.71%	10.00%	0.50%	no cumple
3+000.00	3+135.74	11.71%	10.00%	0.50%	no cumple
3+135.74	3+240.12	8.35%	10.00%	0.50%	cumple
3+240.12	3+380.20	17.85%	10.00%	0.50%	no cumple
3+380.20	3+952.31	11.28%	10.00%	0.50%	no cumple
3+952.31	4+000.00	-2.23%	10.00%	0.50%	cumple
4+000.00	4+090.88	-2.23%	10.00%	0.50%	cumple
4+090.88	4+194.64	7.16%	10.00%	0.50%	cumple
4+194.64	4+347.04	-0.39%	10.00%	0.50%	cumple
4+347.04	4+433.57	6.66%	10.00%	0.50%	cumple

(...continuación de tabla 3.25)

Punto inicial	Punto final	Pendiente Actual (i)	Pendiente máxima	Pendiente mínima	Evaluación de pendiente
4+433.57	4+489.95	0.94%	10.00%	0.50%	cumple
4+489.95	4+648.21	8.71%	10.00%	0.50%	cumple
4+648.21	4+717.23	-8.13%	10.00%	0.50%	cumple
4+717.23	4+920.00	2.34%	10.00%	0.50%	cumple
4+920.00	5+000.00	9.14%	10.00%	0.50%	cumple

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.11. EVALUACIÓN DE LA CONSISTENCIA GEOMÉTRICA.

Para la verificación de la consistencia geométrica, Lamm propuso 2 criterios, a continuación, se presenta ejemplos de acuerdo a cada criterio.

- Resultados del criterio de seguridad I (C – I).

Se aplicó el criterio de seguridad I, desarrollado por Lamm en 1999, para comparar la velocidad de operación del percentil 85 con la velocidad de diseño para curvas y tangentes. Para calcular el criterio de seguridad I, se utiliza la ecuación Ec CI 1.

$$SCI=|V_{85}-V_d| \dots \dots \dots (Ec CI 1)$$

Tabla 3.26.

Criterio I de consistencia geométrica.

Diseño	Color	CS I (km/h)
Bueno		$ V_{85n} - V_d \leq 10$
Tolerable		$10 < V_{85n} - V_d \leq 20$
Pobre		$ V_{85n} - V_d > 20$

Fuente: Felipe, (2014).

- **Sitio entre PI-8 y PI-9, tangente**

$$V_{85} = 48 \text{ km/h}$$

$$V_d = 20 \text{ km/h}$$

$$CI = |48 - 20|$$

$$CI = 28 \text{ km/h}$$

(Rojo – consistencia geométrica Pobre)

- **Sitio en PI-39, curva**

$$V_{85} = 39 \text{ km/h}$$

$$Vd=20 \text{ km/h}$$

$$CI=|39-20|$$

$$CI=19 \text{ km/h}$$

(Naranja – consistencia geométrica tolerable)

• **Sitio en PI-54, curva**

$$V85= 18 \text{ km/h}$$

$$Vd=20 \text{ km/h}$$

$$CI=|18-20|$$

$$CI=2 \text{ km/h}$$

(Verde – consistencia geométrica Buena)

Los valores obtenidos de criterio I para los diferentes sitios dentro del tramo en estudio, se listan en la tabla 3.28.

- Resultados del criterio de seguridad II (C – II).

Se aplicó el criterio de seguridad II de Lamm desarrollado en el año 1999, para determinar la coherencia de la velocidad de operación a lo largo del alineamiento analizado, relacionando la transición entre elementos de diseño consecutivo. Para calcular el criterio de seguridad II se utiliza la ecuación Ec CI 2.

$$SCII=|V85 - V85_{n,+1}| \dots \dots \dots \text{ (Ec CII 1)}$$

Tabla 3.27.

Criterio II de consistencia geométrica.

Diseño	Color	CS II (km/h)
Bueno		$ V85_n - V85_{n+1} \leq 11$
Tolerable		$10 < V85_n - V85_{n+1} \leq 21$
Pobre		$ V85_n - V85_{n+1} > 21$

Fuente: Felipe, (2014).

• **Transición entre tangente y curva del PI-8**

$$V85,1=39 \text{ km/h}$$

$$V85,2=78 \text{ km/h}$$

$$CII=|39-78|$$

$$CII=39 \text{ km/h}$$

(Rojo – consistencia geométrica Pobre)

- **Transición entre curva PI-25 y tangente**

$V_{85,1}=28 \text{ km/h}$

$V_{85,2}=39 \text{ km/h}$

$CII=|28-39|$

$CII=11 \text{ km/h}$

(Anaranjado – consistencia geométrica tolerable)

- **Transición entre tangente y curva del PI-87**

$V_{85,1}=90 \text{ km/h}$

$V_{85,2}=83 \text{ km/h}$

$CII=|90-83|$

$CII=7 \text{ km/h}$

(Verde – consistencia geométrica Buena)

Los valores obtenidos de criterio II para los diferentes sitios dentro del tramo en estudio, se listan en la tabla 3.28.

Tabla 3.28.

Datos de evaluación de la consistencia geométrica criterios I y II de Lamm (1999).

Sitio	Elemento	Long. Tang	PC	PT	Radio	V (85) km/h	C - I		C - II	
							$ V_{85}-V_d $		$ V_{85}-V_{85n,+1} $	
-	tangente	24.79				42	22	Pobre	-	
PI 1	curva		0+024.79	0+050.03	50	42	22	Pobre	0	Bueno
-	tangente	8.16				21	1	Bueno	21	Pobre
PI 2	curva		0+058.19	0+067.02	10	00	20	Pobre	21	Pobre
-	tangente	52.60				23	3	Bueno	23	Pobre
PI 3	curva		0+119.62	0+130.35	10	00	20	Pobre	23	Pobre
-	tangente	26.46				21	1	Bueno	21	Pobre
PI 4	curva		0+156.81	0+171.57	50	42	22	Pobre	21	Pobre
-	tangente	35.38				36	16	Tolerable	6	Bueno
PI 5	curva		0+206.94	0+215.92	20	00	20	Pobre	36	Pobre
-	tangente	20.20				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 6	curva		0+236.12	0+245.06	25	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	34.42				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 7	curva		0+279.48	0+292.67	15	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	6.38				39	19	Tolerable	39	Pobre
PI 8	curva		0+299.06	0+329.53	150	78	58	Pobre	39	Pobre
-	tangente	100.64				48	28	Pobre	30	Pobre

(...continuación de tabla 3.28)

Sitio	Elemento	Long. Tang	PC	PT	Radio	V (85) km/h	C - I		C - II	
							V85-Vd		V85 -V85n,+1	
PI 9	curva		0+430.17	0+441.25	35	18	2	Bueno	30	Pobre
-	tangente	10.98				17	3	Bueno	1	Bueno
PI 10	curva		0+452.23	0+465.92	30	00	20	Pobre	17	Tolerable
-	tangente	21.88				35	15	Tolerable	35	Pobre
PI 11	curva		0+487.80	0+509.25	100	69	49	Pobre	34	Pobre
-	tangente	74.90				71	51	Pobre	2	Bueno
PI 12	curva		0+584.15	0+628.91	80	62	42	Pobre	9	Bueno
-	tangente	28.27				52	32	Pobre	10	Bueno
PI 13	curva		0+657.19	0+679.77	50	42	22	Pobre	10	Bueno
-	tangente	14.77				60	40	Pobre	18	Tolerable
PI 14	curva		0+694.54	0+734.32	140	77	57	Pobre	17	Tolerable
-	tangente	18.47				60	40	Pobre	17	Tolerable
PI 15	curva		0+752.79	0+795.62	50	42	22	Pobre	18	Tolerable
-	tangente	19.43				21	1	Bueno	21	Pobre
PI 16	curva		0+815.05	0+838.27	30	00	20	Pobre	21	Pobre
-	tangente	45.50				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 17	curva		0+883.78	0+891.41	15	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	5.19				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 18	curva		0+896.60	0+907.57	12	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	33.44				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 19	curva		0+941.01	0+953.74	19	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	19.20				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 20	curva		0+972.94	0+976.74	11	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	18.41				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 21	curva		0+995.15	1+004.98	18	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	7.43				37	17	Tolerable	37	Pobre
PI 22	curva		1+012.41	1+043.05	115	73	53	Pobre	36	Pobre
-	tangente	32.38				37	17	Tolerable	36	Pobre
PI 23	curva		1+075.43	1+079.85	6	00	20	Pobre	37	Pobre
-	tangente	13.82				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 24	curva		1+093.67	1+098.50	8	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	23.89				14	6	Bueno	14	Tolerable
PI 25	curva		1+122.39	1+131.48	40	28	8	Bueno	14	Tolerable
-	tangente	17.87				39	19	Tolerable	11	Tolerable
PI 26	curva		1+149.35	1+195.07	65	49	29	Pobre	10	Bueno
-	tangente	54.73				60	40	Pobre	11	Tolerable
PI 27	curva		1+249.80	1+276.42	105	70	50	Pobre	10	Bueno
-	tangente	22.22				35	15	Tolerable	35	Pobre
PI 28	curva		1+298.64	1+305.16	13	00	20	Pobre	35	Pobre
-	tangente	28.16				24	4	Bueno	24	Pobre
PI 29	curva		1+333.32	1+356.53	55	47	27	Pobre	23	Pobre
-	tangente	19.02				47	27	Pobre	0	Bueno
PI 30	curva		1+375.55	1+383.60	60	51	31	Pobre	4	Bueno
-	tangente	50.80				26	6	Bueno	25	Pobre
PI 31	curva		1+434.39	1+444.97	7	00	20	Pobre	26	Pobre
-	tangente	4.30				14	6	Bueno	14	Tolerable

(...continuación de tabla 3.28)

Sitio	Elemento	Long. Tang	PC	PT	Radio	V (85) km/h	C - I		C - II	
							V85-Vd		V85 -V85n,+1	
PI 32	curva		1+449.27	1+470.87	40	28	8	Bueno	14	Tolerable
-	tangente	34.91				49	29	Pobre	21	Pobre
PI 33	curva		1+505.78	1+532.29	100	69	49	Pobre	20	Pobre
-	tangente	41.05				71	51	Pobre	2	Bueno
PI 34	curva		1+573.34	1+593.76	90	66	46	Pobre	5	Bueno
-	tangente	16.63				72	52	Pobre	6	Bueno
PI 35	curva		1+610.39	1+633.08	120	77	57	Pobre	5	Bueno
-	tangente	22.64				39	19	Tolerable	38	Pobre
PI 36	curva		1+655.72	1+664.97	6	00	20	Pobre	39	Pobre
-	tangente	0.46				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 37	curva		1+665.43	1+677.19	10	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	36.06				38	18	Tolerable	38	Pobre
PI 38	curva		1+713.25	1+746.86	135	76	56	Pobre	38	Pobre
-	tangente	36.69				58	38	Pobre	18	Tolerable
PI 39	curva		1+783.55	1+804.65	48	39	19	Tolerable	19	Tolerable
-	tangente	6.20				20	0	Bueno	19	Tolerable
PI 40	curva		1+810.86	1+821.43	4	00	20	Pobre	20	Pobre
-	tangente	3.96				16	4	Bueno	16	Tolerable
PI 41	curva		1+825.39	1+856.31	50	32	12	Tolerable	16	Tolerable
-	tangente	14.18				57	37	Pobre	25	Pobre
PI 42	curva		1+870.49	1+900.74	185	82	62	Pobre	25	Pobre
-	tangente	33.48				41	21	Pobre	41	Pobre
PI 43	curva		1+934.22	1+941.41	6	00	20	Pobre	41	Pobre
-	tangente	0.35				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 44	curva		1+941.75	1+950.96	5	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	10.10				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 45	curva		1+961.06	1+967.72	18	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	32.42				35	15	Tolerable	35	Pobre
PI 46	curva		2+000.14	2+023.83	105	70	50	Pobre	35	Pobre
-	tangente	20.42				78	58	Pobre	8	Bueno
PI 47	curva		2+044.25	2+072.85	240	85	65	Pobre	7	Bueno
-	tangente	15.43				43	23	Pobre	42	Pobre
PI 48	curva		2+088.29	2+095.12	6	00	20	Pobre	43	Pobre
-	tangente	0.47				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 49	curva		2+095.59	2+102.82	4	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	9.08				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 50	curva		2+111.90	2+118.83	25	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	42.39				43	23	Pobre	43	Pobre
PI 51	curva		2+161.21	2+188.94	250	86	66	Pobre	43	Pobre
-	tangente	36.29				61	41	Pobre	25	Pobre
PI 52	curva		2+225.23	2+254.52	45	35	15	Tolerable	26	Pobre
-	tangente	1.57				18	2	Bueno	17	Tolerable
PI 53	curva		2+256.09	2+267.03	4	00	20	Pobre	18	Tolerable
-	tangente	11.01				09	11	Tolerable	9	Bueno
PI 54	curva		2+278.04	2+305.38	35	18	2	Bueno	9	Bueno
-	tangente	15.60				33	13	Tolerable	15	Tolerable

(...continuación de tabla 3.28)

Sitio	Elemento	Long. Tang	PC	PT	Radio	V (85) km/h	C - I		C - II	
							V85-Vd		V85 -V85n,+1	
PI 55	curva		2+320.98	2+334.44	55	47	27	Pobre	14	Tolerable
-	tangente	11.96				48	28	Pobre	1	Bueno
PI 56	curva		2+346.40	2+352.55	55	47	27	Pobre	1	Bueno
-	tangente	70.96				63	43	Pobre	16	Tolerable
PI 57	curva		2+423.51	2+459.52	155	79	59	Pobre	16	Tolerable
-	tangente	1.59				40	20	Tolerable	39	Pobre
PI 58	curva		2+461.11	2+466.14	4	00	20	Pobre	40	Pobre
-	tangente	0.90				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 59	curva		2+467.04	2+473.85	4	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	2.13				36	16	Tolerable	36	Pobre
PI 60	curva		2+475.98	2+524.16	110	72	52	Pobre	36	Pobre
-	tangente	32.03				69	49	Pobre	3	Bueno
PI 61	curva		2+556.19	2+574.93	90	66	46	Pobre	3	Bueno
-	tangente	15.40				77	57	Pobre	11	Tolerable
PI 62	curva		2+590.34	2+643.88	190	87	67	Pobre	10	Bueno
-	tangente	29.19				44	24	Pobre	43	Pobre
PI 63	curva		2+673.08	2+682.70	8	00	20	Pobre	44	Pobre
-	tangente	0.01				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 64	curva		2+682.71	2+688.67	4	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	51.41				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 65	curva		2+740.08	2+750.20	6	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	1.30				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 66	curva		2+751.50	2+761.98	8	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	25.56				21	1	Bueno	21	Pobre
PI 67	curva		2+787.55	2+834.12	50	42	22	Pobre	21	Pobre
-	tangente	1.85				21	1	Bueno	21	Pobre
PI 68	curva		2+835.97	2+841.48	4	00	20	Pobre	21	Pobre
-	tangente	0.72				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 69	curva		2+842.21	2+848.86	5	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	7.73				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 70	curva		2+856.59	2+867.51	18	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	54.49				38	18	Tolerable	38	Pobre
PI 71	curva		2+921.99	2+938.20	135	76	56	Pobre	38	Pobre
-	tangente	33.24				80	60	Pobre	4	Bueno
PI 72	curva		2+971.44	3+042.68	200	83	63	Pobre	3	Bueno
-	tangente	37.49				59	39	Pobre	24	Pobre
PI 73	curva		3+080.17	3+102.53	45	35	15	Tolerable	24	Pobre
-	tangente	76.84				56	36	Pobre	21	Pobre
PI 74	curva		3+179.37	3+202.73	140	77	57	Pobre	21	Pobre
-	tangente	20.53				39	19	Tolerable	38	Pobre
PI 75	curva		3+223.26	3+227.67	10	00	20	Pobre	39	Pobre
-	tangente	16.50				18	2	Bueno	18	Tolerable
PI 76	curva		3+244.17	3+285.31	45	35	15	Tolerable	17	Tolerable
-	tangente	10.23				18	2	Bueno	17	Tolerable
PI 77	curva		3+295.54	3+301.11	6	00	20	Pobre	18	Tolerable
-	tangente	39.16				00	20	Pobre	0	Bueno

(...continuación de tabla 3.28)

Sitio	Elemento	Long. Tang	PC	PT	Radio	V (85) km/h	C - I		C - II	
							V85-Vd		V85 -V85n,+1	
PI 78	curva		3+340.28	3+352.22	9	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	1.17				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 79	curva		3+353.39	3+361.96	6	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	29.18				00	20	Pobre	0	Bueno
PI 80	curva		3+391.14	3+398.56	10	00	20	Pobre	0	Bueno
-	tangente	8.04				36	16	Tolerable	36	Pobre
PI 81	curva		3+406.60	3+431.97	110	72	52	Pobre	36	Pobre
-	tangente	43.38				57	37	Pobre	15	Tolerable
PI 82	curva		3+475.35	3+485.34	50	42	22	Pobre	15	Tolerable
-	tangente	43.26				64	44	Pobre	22	Pobre
PI 83	curva		3+528.59	3+576.60	250	86	66	Pobre	22	Pobre
-	tangente	15.81				68	48	Pobre	18	Tolerable
PI 84	curva		3+592.41	3+629.11	58	49	29	Pobre	19	Tolerable
-	tangente	0.17				25	5	Bueno	24	Pobre
PI 85	curva		3+629.27	3+656.76	23	00	20	Pobre	25	Pobre
-	tangente	24.55				45	25	Pobre	45	Pobre
PI 86	curva		3+681.31	3+734.72	400	90	70	Pobre	45	Pobre
-	tangente	63.60				90	70	Pobre	0	Bueno
PI 87	curva		3+798.33	3+836.11	200	83	63	Pobre	7	Bueno
-	tangente	11.64				42	22	Pobre	41	Pobre
PI 88	curva		3+847.75	3+855.78	12	00	20	Pobre	42	Pobre
-	tangente	11.55				18	2	Bueno	18	Tolerable
PI 89	curva		3+867.34	3+907.30	45	35	15	Tolerable	17	Tolerable
-	tangente	4.52				49	29	Pobre	14	Tolerable
PI 90	curva		3+911.82	3+971.40	85	62	42	Pobre	13	Tolerable
-	tangente	28.13				71	51	Pobre	9	Bueno
PI 91	curva		3+999.52	4+016.71	140	79	59	Pobre	8	Bueno
-	tangente	29.73				40	20	Tolerable	39	Pobre
PI 92	curva		4+046.44	4+058.74	25	00	20	Pobre	40	Pobre
-	tangente	80.26				29	9	Bueno	29	Pobre
PI 93	curva		4+139.00	4+159.77	20	00	20	Pobre	29	Pobre
-	tangente	9.21				27	7	Bueno	27	Pobre
PI 94	curva		4+168.98	4+198.58	50	42	22	Pobre	15	Tolerable
-	tangente	7.28				28	8	Bueno	14	Tolerable
PI 95	curva		4+205.86	4+230.78	40	13	7	Bueno	15	Tolerable
-	tangente	2.72				38	18	Tolerable	25	Pobre
PI 96	curva		4+233.49	4+255.05	85	62	42	Pobre	24	Pobre
-	tangente	64.34				53	33	Pobre	9	Bueno
PI 97	curva		4+319.38	4+342.83	60	44	24	Pobre	9	Bueno
-	tangente	87.19				65	45	Pobre	21	Pobre
PI 98	curva		4+430.02	4+501.58	180	86	66	Pobre	21	Pobre
-	tangente	12.17				43	23	Pobre	43	Pobre
PI 99	curva		4+513.75	4+539.46	25	00	20	Pobre	43	Pobre
-	tangente	22.44				09	11	Tolerable	9	Bueno
PI 100	curva		4+561.90	4+591.38	35	18	2	Bueno	9	Bueno
-	tangente	28.14				31	11	Tolerable	13	Tolerable

(...continuación de tabla 3.28)

Sitio	Elemento	Long. Tang	PC	PT	Radio	V (85) km/h	C - I		C - II	
							V85-Vd		V85-V85n,+1	
PI										
101	curva		4+619.52	4+672.62	60	44	24	Pobre	13	Tolerable
-	tangente	36.19				22	2	Bueno	22	Pobre
PI										
102	curva		4+708.81	4+727.03	15	00	20	Pobre	22	Pobre
-	tangente	7.20				02	18	Tolerable	2	Bueno
PI										
103	curva		4+734.23	4+769.23	35	03	17	Tolerable	1	Bueno
-	tangente	150.80				45	25	Pobre	42	Pobre
PI										
104	curva		4+920.03	4+956.33	300	87	67	Pobre	42	Pobre

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.11.1. Construcción de perfil de velocidad.

Es una línea de velocidades de operación en el eje vertical contra la distancia a lo largo de la carretera en el eje horizontal. El perfil de velocidad de operación fue obtenido a partir de los modelos propuestos corresponden a un perfil teórico, para su construcción fue necesario conocer la geometría del tramo, y a partir de ello obtener las velocidades de operación estimadas.

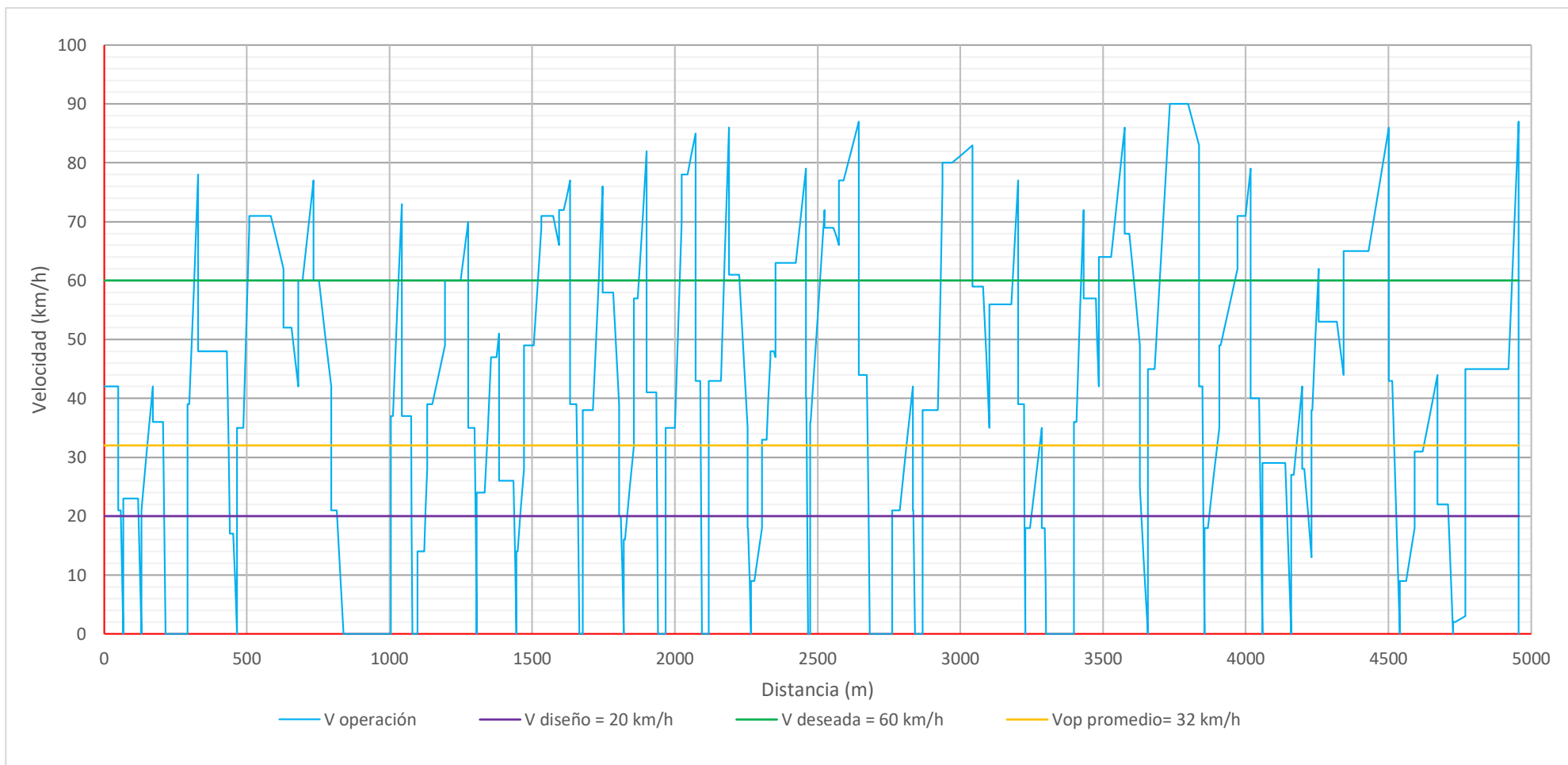


Figura 3.7. Perfil de velocidades de operación de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00.
Fuente: Elaboración propia (2019).

Se puede apreciar en el gráfico 3.7, de perfil de velocidades de operación, que hay una gran variación de aumento o disminución de velocidad de operación entre elementos consecutivos, y la velocidad de operación de cada elemento respecto a la velocidad de diseño.

3.12. INDICADORES DE ACCIDENTABILIDAD.

Los indicadores de accidentalidad permitirán medir el peligro en la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00, se ha tomado como tramo cada kilómetro de carretera, para determinar los puntos críticos. Se recomienda que el periodo de evaluación sea de 3 a 5 años, por lo que para la presente investigación se ha tomado desde el año 2014 al 2018.

3.12.1. Índice de peligrosidad de accidentes totales.

Relaciona el número total de accidentes registrados en un periodo de tiempo año con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía. Donde Los puntos críticos de la vía son cuando el IPat es mayor o igual a 1.5

$$IPat = \frac{10^6 \cdot N}{IMD \cdot t \cdot L}$$

Dónde:

N: número de accidentes

t: periodo de tiempo en días

IMD: Tráfico promedio diario (Veh/día)

L: Longitud del tramo (Km)

Tabla 3.29.

Índice de peligrosidad de accidentes totales.

Periodo 2014-2018	N	IMD	L(km)	IPat
km 00 - km 01	0	4	1	0.00
km 01 - km 02	1	4	1	136.99
km 02 - km 03	0	4	1	0.00
km 03 - km 04	1	4	1	136.99
km 04 - km 05	0	4	1	0.00

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 3.29 se tiene que los tramos correspondientes al km 02 y el km 04 tienen un índice de peligrosidad de accidentes totales (IPat) mayor a 1.5, que es un valor crítico donde ocurrieron accidentes de tránsito.

3.12.1. Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas.

Relaciona el número de accidentes con víctimas registrados en un año, con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía. Donde Los puntos críticos de la vía son cuando el IPav es mayor o igual a 1.0

$$IPav = \frac{10^6 \cdot N_v}{IMD \cdot 365 \cdot L}$$

Dónde:

Nv: (número de accidentes con víctimas)

t: periodo de tiempo en días

IMD: Tráfico promedio diario (Veh/día)

L: Longitud del tramo (Km)

Tabla 3.30.

Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas.

PERIODO 2014-2018	N	IMD	L(km)	IPav
km 00 - km 01	0	4	1	0.00
km 01 - km 02	0	4	1	0.00
km 02 - km 03	0	4	1	0.00
km 03 - km 04	1	4	1	136.99
km 04 - km 05	0	4	1	0.00

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 3.30 se tiene que el tramo correspondiente al km 04 tienen un índice de peligrosidad de accidentes con víctimas (IPav) mayor a 1.0, que representa valor crítico.

3.12.1. Índice de severidad.

Relaciona el número equivalente de accidentes de tránsito registrados con la cantidad de vehículos que circulan por un sector determinado o tramo de vía. Donde Los puntos críticos de la vía son cuando el IS es mayor o igual 5.

$$IS = \frac{(AF * 18 + AS * 2 + Asimp) * 10^6}{IMD \cdot t \cdot L}$$

Dónde:

t: periodo de tiempo en días

IMD: Tráfico promedio diario (Veh/día)

L: Longitud del tramo (Km)

AF: Accidentes fatales

AS: Accidentes severos

Asimp: Accidentes simples

Tabla 3.31.

Índice de Severidad.

PERIODO 2014-2018	accidentes fatales (AF)	accidentes severos (AS)	accidentes simples	IMD	L(km)	IS
km 00 - km 01	0	0	0	4	1	0.00
km 01 - km 02	0	1	0	4	1	1369.86
km 02 - km 03	0	0	0	4	1	0.00
km 03 - km 04	0	1	0	4	1	1369.86
km 04 - km 05	0	0	0	4	1	0.00

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 3.31 se tiene que todos los tramos evaluados tienen un índice de severidad (IS) mayor a 5 los cuales representan puntos críticos.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Se evaluó la seguridad vial de la carretera la Shita – Atumpata km 00+000 – km 05+000 en función a sus elementos geométricos, comparando los elementos existentes en la vía con los parámetros que indica el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT, 2005), los cuales son: ancho de plataforma (bermas más la calzada), talud de corte y de relleno, longitud de curva horizontal, radio, sobreebanco, peralte, longitud de transición del peralte, distancia de visibilidad, longitud de curva vertical y pendiente.

4.1. RESULTADOS Y ANÁLISIS POR KILÓMETRO.

4.1.1. Análisis del km 00+000 al km 01+000.

En el tramo del km 00+000 al km 01+000, la carretera la Shita Atumpata tiene las siguientes características:

- Topografía predominante: ondulada (92.00%)
- Número de curvas horizontales: 20
- Número de curvas verticales: 05

Tabla 4.1.

Evaluación de las características geométricas del km 00+000 al km 01+000.

Parámetros	Cumple		No cumple		Análisis de seguridad
	N°	%	N°	%	
Ancho de plataforma	320.00 m	32.00%	680.00 m	68.00%	inseguro
Talud de corte	900.00 m	90.00%	100.00 m	10.00%	seguro
Talud de relleno	920.00 m	92.00%	80.00 m	8.00%	seguro
Longitud de curva horizontal	0.00 curvas	0.00%	20.00 curvas	100.00%	inseguro
Radio	20.00 curvas	100.00%	0.00 curvas	0.00%	seguro
Sobreebanco	2.00 curvas	10.00%	18.00 curvas	90.00%	inseguro
Peralte	10.00 curvas	50.00%	10.00 curvas	50.00%	inseguro
Longitud de Transición del peralte	3.00 curvas	15.00%	17.00 curvas	85.00%	inseguro
Distancia de visibilidad	16.00 curvas	80.00%	4.00 curvas	20.00%	seguro
Longitud de curva vertical	5.00 curvas	100.00%	0.00 curvas	0.00%	seguro
Pendiente	500.00 m	50.00%	500.00 m	50.00%	inseguro

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.1, se puede decir lo siguiente que la mayor parte del ancho de plataforma, la longitud de curva horizontal, sobreecho, peralte, longitud de transición del peralte y la pendiente, no cumplen con lo normado en el MDCNPBVT, de lo cual se puede decir que **el tramo del km 00+000 – km 01+000 es inseguro.**

4.1.2. Análisis del km 01+000 al km 02+000.

En el tramo del km 01+000 al km 02+000, la carretera la Shita Atumpata tiene las siguientes características:

- Topografía predominante: Accidentada (78.00 %)
- Número de curvas horizontales: 25
- Número de curvas verticales: 03

Tabla 4.2.

Evaluación de las características geométricas del km 00+000 al km 01+000.

Parámetros	Cumple		No cumple		Análisis de seguridad
	Nº	%	Nº	%	
Ancho de plataforma	240.00 m	24.00%	760.00 m	76.00%	inseguro
Talud de corte	820.00 m	82.00%	180.00 m	18.00%	seguro
Talud de relleno	540.00 m	54.00%	460.00 m	46.00%	seguro
Longitud de curva horizontal	0.00 curvas	0.00%	25.00 curvas	100.00%	inseguro
Radio	18.00 curvas	72.00%	7.00 curvas	28.00%	seguro
Sobreecho	3.00 curvas	12.00%	22.00 curvas	88.00%	inseguro
Peralte	8.00 curvas	32.00%	17.00 curvas	68.00%	inseguro
Longitud de Transición del peralte	7.00 curvas	28.00%	18.00 curvas	72.00%	inseguro
Distancia de visibilidad	17.00 curvas	68.00%	8.00 curvas	32.00%	seguro
Longitud de curva vertical	3.00 curvas	100.00%	0.00 curvas	0.00%	seguro
Pendiente	0.00 m	0.00%	1000.00 m	100.00%	inseguro

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.2., se puede decir lo siguiente que la mayor parte del ancho de plataforma, la longitud de curva horizontal, sobreecho, peralte, longitud de transición del peralte y la pendiente, no cumplen con lo normado en el MDCNPBVT (2005), de lo cual se puede decir que **el tramo del km 01+000 – km 02+000 es inseguro.**

4.1.3. Análisis del km 02+000 al km 03+000.

En el tramo del km 01+000 al km 02+000, la carretera la Shita Atumpata tiene las siguientes características:

- Topografía predominante: Accidentada (84.00 %)
- Número de curvas horizontales: 26
- Número de curvas verticales: 03

Tabla 4.3.

Evaluación de las características geométricas del km 02+000 al km 03+000.

Parámetros	Cumple		No cumple		Análisis de seguridad
	Nº	%	Nº	%	
Ancho de plataforma	140.00 m	14.00%	860.00 m	86.00%	inseguro
Talud de corte	880.00 m	88.00%	120.00 m	12.00%	seguro
Talud de relleno	560.00 m	56.00%	440.00 m	44.00%	seguro
Longitud de curva horizontal	0.00 curvas	0.00%	26.00 curvas	100.00%	inseguro
Radio	15.00 curvas	57.69%	11.00 curvas	42.31%	seguro
Sobreancho	8.00 curvas	30.77%	18.00 curvas	69.23%	inseguro
Peralte	10.00 curvas	38.46%	16.00 curvas	61.54%	inseguro
Longitud de Transición del peralte	6.00 curvas	23.08%	20.00 curvas	76.92%	inseguro
Distancia de visibilidad	15.00 curvas	57.69%	11.00 curvas	42.31%	seguro
Longitud de curva vertical	3.00 curvas	100.00%	0.00 curvas	0.00%	seguro
Pendiente	250.00 m	25.00%	750.00 m	75.00%	inseguro

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.3, se puede decir lo siguiente que la mayor parte del ancho de plataforma, la longitud de curva horizontal, sobreancho, peralte, longitud de transición del peralte y la pendiente, no cumplen con lo normado en el MDCNPBVT (2005), de lo cual se puede decir que **el tramo del km 02+000 – km 03+000 es inseguro.**

4.1.4. Análisis del km 03+000 al km 04+000.

En el tramo del km 03+000 al km 04+000, la carretera la Shita Atumpata tiene las siguientes características:

- Topografía predominante: Ondulada (52.00 %)

➤ Número de curvas horizontales: 19

➤ Número de curvas verticales: 04

Tabla 4.4.

Evaluación de las características geométricas del km 03+000 al km 04+000.

Parámetros	Cumple		No cumple		Análisis de seguridad
	Nº	%	Nº	%	
Ancho de plataforma	180.00 m	18.00%	820.00 m	82.00%	inseguro
Talud de corte	860.00 m	86.00%	140.00 m	14.00%	seguro
Talud de relleno	660.00 m	66.00%	340.00 m	34.00%	seguro
Longitud de curva horizontal	1.00 curvas	5.26%	18.00 curvas	94.74%	inseguro
Radio	16.00 curvas	84.21%	3.00 curvas	15.79%	seguro
Sobreechancho	0.00 curvas	0.00%	19.00 curvas	100.00%	inseguro
Peralte	5.00 curvas	26.32%	14.00 curvas	73.68%	inseguro
Longitud de Transición del peralte	8.00 curvas	42.11%	11.00 curvas	57.89%	inseguro
Distancia de visibilidad	11.00 curvas	57.89%	8.00 curvas	42.11%	seguro
Longitud de curva vertical	4.00 curvas	100.00%	0.00 curvas	0.00%	seguro
Pendiente	400.00 m	40.00%	600.00 m	60.00%	inseguro

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.4, se puede decir lo siguiente que la mayor parte del ancho de plataforma, la longitud de curva horizontal, sobreechancho, peralte, longitud de transición del peralte y la pendiente, no cumplen con lo normado en el MDCNPBVT (2005), de lo cual se puede decir que **el tramo del km 03+000 – km 04+000 es inseguro.**

4.1.5. Análisis del km 04+000 al km 05+000.

En el tramo del km 04+000 al km 05+000, la carretera la Shita Atumpata tiene las siguientes características:

➤ Topografía predominante: Ondulada (66.67 %)

➤ Número de curvas horizontales: 14

➤ Número de curvas verticales: 08

Tabla 4.5.

Evaluación de las características geométricas del km 04+000 al km 05+000.

Parámetros	Cumple		No cumple		Análisis de seguridad
	Nº	%	Nº	%	
Ancho de plataforma	470.59 m	47.06%	529.41 m	52.94%	inseguro
Talud de corte	862.75 m	86.27%	137.25 m	13.73%	seguro
Talud de relleno	627.45 m	62.75%	372.55 m	37.25%	seguro
Longitud de curva horizontal	1.00 curvas	7.14%	13.00 curvas	92.86%	inseguro
Radio	14.00 curvas	100.00%	0.00 curvas	0.00%	seguro
Sobreechancho	2.00 curvas	14.29%	12.00 curvas	85.71%	inseguro
Peralte	4.00 curvas	28.57%	10.00 curvas	71.43%	inseguro
Longitud de Transición del peralte	7.00 curvas	50.00%	7.00 curvas	50.00%	inseguro
Distancia de visibilidad	14.00 curvas	100.00%	0.00 curvas	0.00%	seguro
Longitud de curva vertical	7.00 curvas	87.50%	1.00 curvas	12.50%	seguro
Pendiente	1000.00 m	100.00%	0.00 m	0.00%	seguro

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.5, se puede decir lo siguiente que la mayor parte del ancho de plataforma, la longitud de curva horizontal, sobreechancho, peralte, y la longitud de transición del peralte, no cumplen con lo normado en el MDCNPBVT (2005), de lo cual se puede decir que **el tramo del km 04+000 – km 05+000 es inseguro.**

4.2. EVALUACIÓN DE TODO EL TRAMO ESTUDIADO DE LA CARRETERA LA SHITA ATUMPATA KM 00+000 – KM 05+000.

Tomando la información de las tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5, se hizo la evaluación de las características geométricas de todo el tramo de la carretera la Shita – Atumpata, considerado en la presente tesis, para lo cual se lo realizó de cada elemento geométrico como se muestra en los gráficos de a continuación:

4.2.1. Verificación de los elementos geométricos en planta.

Al realizar la comparación de las características geométricas en planta que tiene la carretera con los parámetros de diseño que geométrico que indica el MDCNPBVT (2005), se obtuvo la siguiente información que se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4.6.

Verificación de los elementos geométricos en planta km 00+00 – km 05+00.

Parámetro	Cumple		No cumple		Análisis de seguridad
	N°	%	N°	%	
Longitud de curva horizontal	2.00	curvas 1.92%	102.00	curvas 98.08%	inseguro
Radio	83.00	curvas 79.81%	21.00	curvas 20.19%	seguro
Sobreechancho	15.00	curvas 14.42%	89.00	curvas 85.58%	inseguro
Peralte	37.00	curvas 35.58%	67.00	curvas 64.42%	inseguro
Longitud de Transición del peralte	31.00	curvas 29.81%	73.00	curvas 70.19%	inseguro
Distancia de visibilidad	73.00	curvas 70.19%	31.00	curvas 29.81%	seguro

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.6 se puede observar que 102 curvas horizontales de las 104 que existen no cumplen con la longitud mínima, no cumplen con el radio mínimo 21 curvas, 89 curvas no cumplen con el sobreechancho, 73 curvas no cumplen con la longitud de transición del peralte y 31 curvas no cumplen con la distancia mínima de visibilidad que establece el MDCNPBVT (2005). Debido a que la mayoría de elementos geométricos no cumplen se dice que la carrera es insegura.

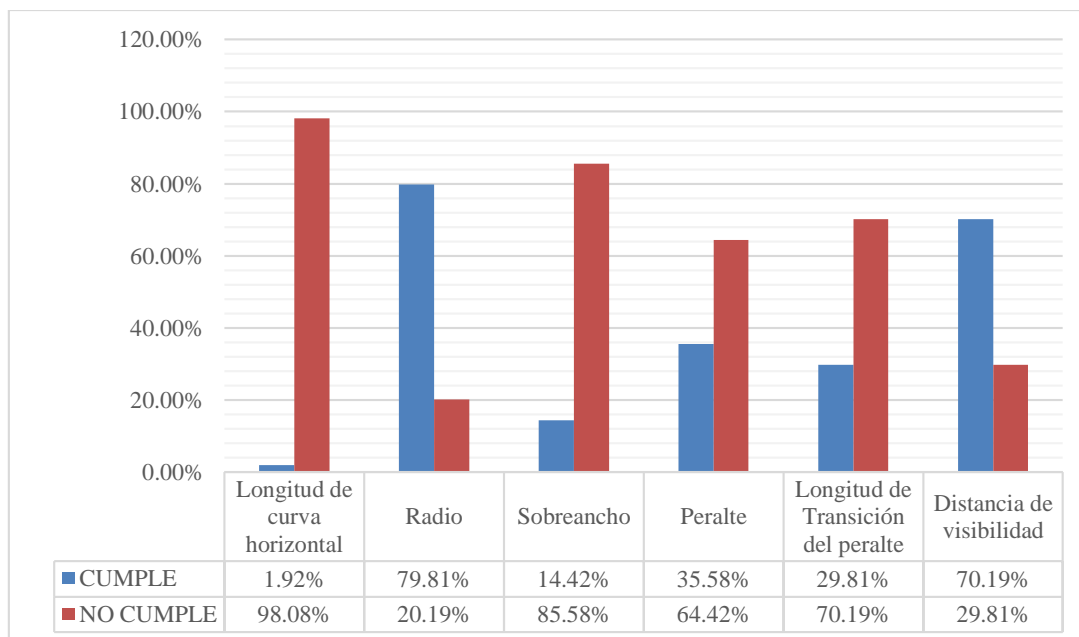


Figura 4.1. Verificación de los elementos geométricos en planta km 00+00 al km 05+00
Fuente: Elaboración propia (2019).

4.2.2. Verificación de los elementos geométricos en perfil.

Al realizar la comparación de las características geométricas en perfil que tiene la carretera con los parámetros se diseñó que geométrico que indica el MDCNPBVT (2005), se obtuvo la siguiente información que se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4.7.

Verificación de los elementos geométricos en perfil km 00+00 – km 05+00.

Parámetros	Cumple		No cumple		Análisis de seguridad
	Nº	%	Nº	%	
Longitud de curva vertical	22.00	curvas 95.65%	1.00	curvas 4.35%	seguro
Pendiente	2150.00	m 43.00%	2850.00	m 57.00%	inseguro

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.7 se puede observar que solo 1 curva vertical de las 23 que existen no cumplen con la longitud mínima, pero más de la mitad de la carretera el 57% tiene mayor a la pendiente máxima que establece el MDCNPBVT (2005) y es muy importante al momento que va a circular un vehículo, dificultando enormemente avanzar, pudiendo producirse accidente debido a que los frenos de un carro a veces no pueden detenerlo frente a pendientes muy elevadas.

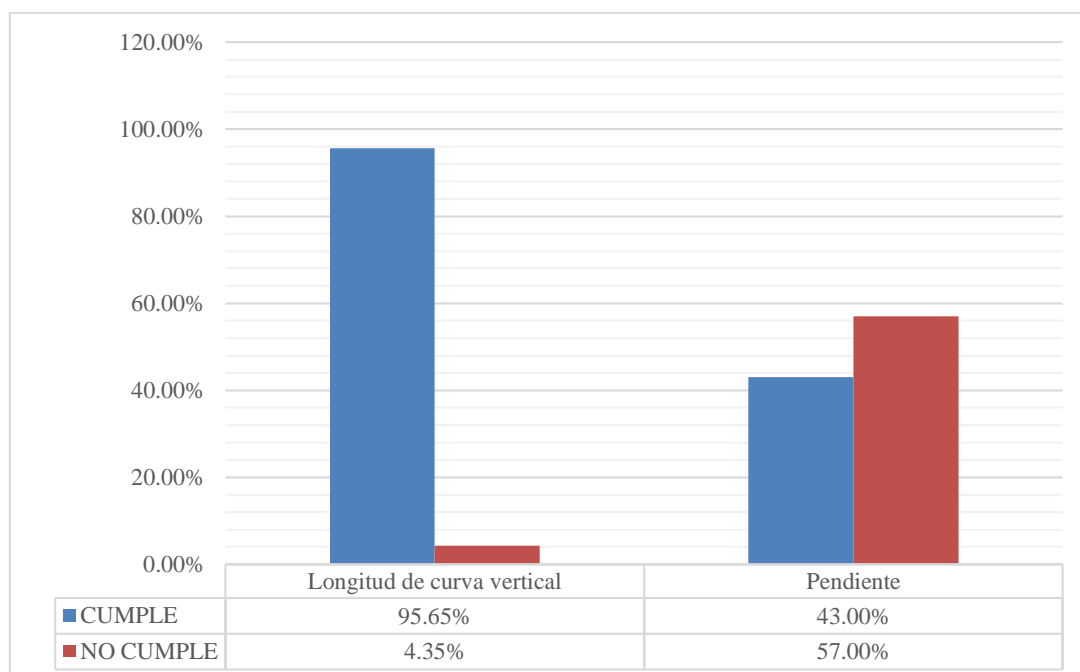


Figura 4.2. Verificación de los elementos geométricos en perfil km 00+00 al km 05+00

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.2.3. Verificación de los elementos geométricos en sección transversal.

Al realizar la comparación de las características geométricas en sección transversal que tiene la carretera con los parámetros de diseño geométrico que indica el MDCNPBVT (2005), se obtuvo la siguiente información que se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4.8.

Verificación de los elementos geométricos en sección transversal km 00+00 – km 05+00.

Parámetros	Cumple		No cumple		Análisis de seguridad
	N°	%	N°	%	
Ancho de plataforma	1350.59 m	27.01%	3649.41 m	72.99%	inseguro
Talud de corte	4322.75 m	86.45%	677.25 m	13.55%	seguro
Talud de relleno	3307.45 m	66.15%	1692.55 m	33.85%	seguro
cunetas y drenaje	0.00 m	0.00%	5000.00 m	100.00%	inseguro

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.8 se puede observar que el 72.99% de carretera no cumple con el ancho mínimo de plataforma que es 3.5 m para este caso, el 13.55% y 33.85% del talud de corte y relleno no cumplen respectivamente según lo que establece el MDCNPBVT (2005), y algo muy importante que se considera que influye en la seguridad vial es que tenga su sistema de drenaje como es cunetas, alcantarillas y otros los cuales no hay en la vía estudiada.

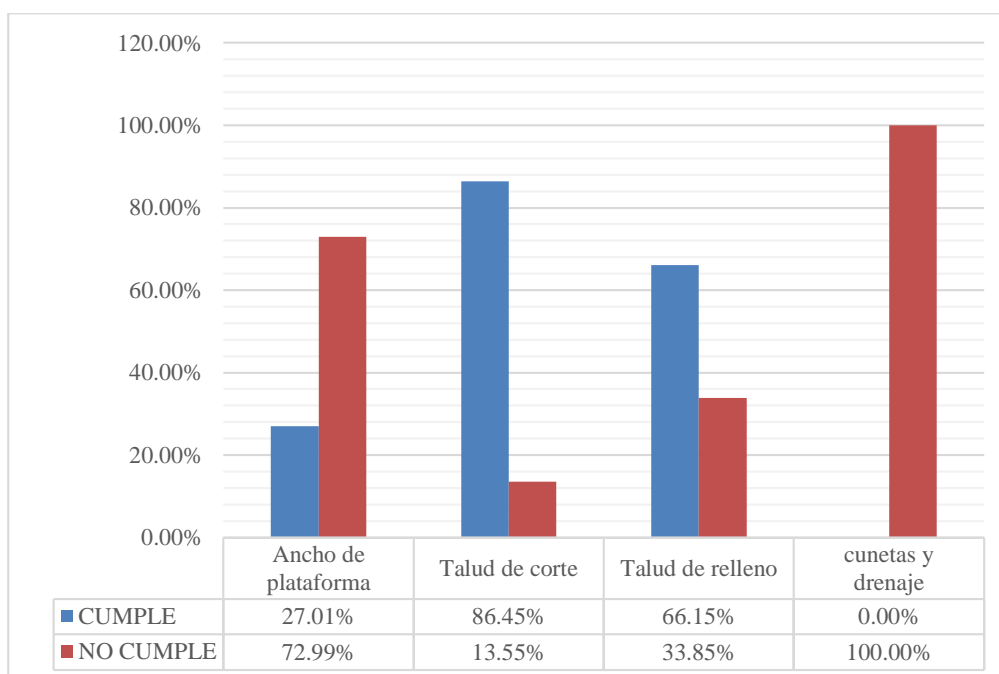


Figura 4. 3. Verificación de los elementos geométricos en sección transversal km 00+00 al km 05+00.

Fuente: Elaboración propia (2019).

4.2.4. Verificación de la existencia de dotación vial.

La dotación vial se refiere a la señalización que debe tener toda carretera, con la finalidad de mantener informado al conductor de las características de la vía, y prevenir. El objetivo principal es proporcionar al tramo de vía en estudio una óptima señalización vertical y horizontal, con la finalidad de que exista un tránsito fluido y seguro para así disminuir los accidentes y evitar demoras innecesarias. (Miranda, 2016). En la vía estudiada no existe ningún tipo de señalización ya sea vertical y/o horizontal.

4.2.4. Evaluación de la consistencia geométrica km 00+00 – km 05+00.

Según los últimos estudios realizados por diversos actores, en diferentes partes del mundo la mayoría coincide que la consistencia geométrica está mayormente asociada a la velocidad de operación, que se consideró también en la presente investigación obteniéndose los siguientes resultados; considerando el criterio I (evalúa la variación de la velocidad de operación respecto a la velocidad de diseño) y criterio II (Evalúa el cambio de velocidad de operación entre elementos consecutivos) de evaluación establecidos por Lamm (2009).

Tabla 4.9.

Resultado de la evaluación de consistencia geométrica de la carretera.

CRITERIO I DE EVALUACIÓN			
Consistencia	Puntos	Longitud	Porcentaje
Bueno	28	673.08	13.46%
Tolerable	29	697.12	13.94%
Pobre	151	3629.81	72.60%
Total	208	5000.00	100.00%

CRITERIO II DE EVALUACIÓN			
Consistencia	Puntos	Longitud	Porcentaje
Bueno	80	1932.37	38.65%
Tolerable	40	966.18	19.32%
Pobre	87	2101.45	42.03%
Total	207	5000.00	100.00%

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.9 se deduce que la carretera la Shita - Atumpata tiene una consistencia geométrica pobre, ya que la disminución o aumento de velocidad de operación entre elementos consecutivos es muy alta como se puede observar en el gráfico 3.7 de perfiles de velocidad, lo que tomando como referencia las bases teóricas esto hace una carretera inconsistente, por lo tanto, es insegura, ya que esto influye y aumenta las posibilidades de que se presente un accidente de tránsito.

4.2.5. Evaluación de las características geométricas y la consistencia en los puntos de la carretera donde se produjeron accidentes de tránsito.

Teniendo como información las progresivas donde se suscitaron los dos accidentes se transitó. Se verificó el cumplimiento de los elementos geométricos con el MDCNPBVT (2005) y la consistencia en estos puntos.

Tabla 4.10.

Evaluación de accidentes de tránsito producidos con las características geométricas de la vía.

Elemento evaluado	accidente 1 - 2014 Curva n° 36 km 01 + 660		accidente 2 - 2015 curva n° 79 km 03 + 355	
	cumple	no cumple	cumple	no cumple
DISEÑO GEOMETRICO EN PLANTA	1	5	0	6
Longitud de curva horizontal.		x		x
Radio		x		x
Sobreeancho		x		x
Peralte	x			x
Longitud de transición del peralte		x		x
Distancia de visibilidad		x		x
DISEÑO GEOMETRICO EN PERFIL	1	1	0	2
Longitud de curva vertical	x			x
pendiente		x		x
DISEÑO GEOMETRICO SECCIÓN TRANSVERSAL	2	2	3	1
Ancho de plataforma		x	x	
talud de corte	x		x	
talud de relleno	x		x	
cunetas y drenaje		x		x
DOTACION VIAL	0	1	0	1
		x		
CONSISTENCIA	0	1	0	1
		pobre		pobre
Total de elementos	4	10	3	11
	28.57%	71.43%	21.43%	78.57%

Fuente: Elaboración propia (2019).

- De la tabla se puede 4.10 se puede apreciar que en donde se produjo el primer accidente se tiene una geometría inconsistente y el 71.43% de los elementos geométricos de la vía no cumplen con los parámetros de diseño que indica el MDCNPVT (2005).

- De igual forma se puede apreciar que en donde se produjo el segundo accidente tiene una geometría inconsistente y el 78.57 % de los elementos geométricos de la vía no cumplen con los parámetros de diseño que indica el MDCNPVT (2005).

4.3. EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL NOMINAL DE LA CARRETERA.

Se refiere al grado de cumplimiento de los criterios y preceptos recogidos en las guías y normativas de diseño representado en porcentaje respecto de los puntos de riesgo o sitios inconsistentes, el resultado se recogió en el siguiente cuadro.

Tabla 4.11.

Evaluación de la seguridad vial nominal de la carretera.

Elemento evaluado	Cumple		No cumple	
	N°	%	N°	%
ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EN PLANTA		38.62%		61.38%
Longitud de curva horizontal	2.00 curvas	1.92%	102.00 curvas	98.08%
Radio	83.00 curvas	79.81%	21.00 curvas	20.19%
Sobreechanco	15.00 curvas	14.42%	89.00 curvas	85.58%
Peralte	37.00 curvas	35.58%	67.00 curvas	64.42%
Longitud de Transición del peralte	31.00 curvas	29.81%	73.00 curvas	70.19%
Distancia de visibilidad	73.00 curvas	70.19%	31.00 curvas	29.81%
ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EN PERFIL		43.24%		56.76%
Longitud de curva vertical	22.00 curvas	95.65%	1.00 curvas	4.35%
Pendiente	2150.00 m	43.00%	2850.00 m	57.00%
ELEMENTOS GEOMÉTRICOS EN SECCIÓN TRANSVERSAL		44.90%		55.10%
Ancho de plataforma	1350.59 m	27.01%	3649.41 m	72.99%
Talud de corte	4322.75 m	86.45%	677.25 m	13.55%
Talud de relleno	3307.45 m	66.15%	1692.55 m	33.85%
cunetas y drenaje	0.00 m	0.00%	5000.00 m	100.00%
DOTACION VIAL	0 m	0.00%	5000.00 m	100%
CONSISTENCIA GEOMÉTRICA		13.46%		86.54%
Bueno	28 elem.	13.46%		
Tolerable			29 elem.	13.94%
Pobre			151 elem.	72.60%
Total		37.02%		62.98%

Fuente: Elaboración propia (2019).

De la tabla 4.11, donde se ha resumido todos los elementos geométricos evaluados no cumplen el 61.38% en planta, 56.76% en perfil y el 55.10% en sección transversal, no presenta señalización, la consistencia geométrica es pobre en un 72.60 %, de acuerdo a estos resultados obtenidos, se puede decir que la carretera es insegura.

Puntos críticos de accidentabilidad.

En las tablas 3.29, 3.30 y 3.30 se determinó que los puntos críticos son el km 02 y el km 04 donde se determinó que el índice de peligrosidad es de 136.99 para ambos tramos, índice de

peligrosidad con accidentes con víctimas fue también de 136.99 en el tramo del km 04 y el índice de severidad es de 1369.86 para ambos tramos.

Tabla 4. 12.
Indicadores de accidentabilidad.

Periodo 2014 - 2018	INDICADORES DE ACCIDENTABILIDAD		
	Índice de peligrosidad de accidentes totales	Índice de peligrosidad de accidentes con víctimas	Índice de severidad
	Ipat	IPav	IS
km 00 - km 01	0.00	0.00	0.0000
km 01 - km 02	136.99	0.00	1369.86
km 02 - km 03	0.00	0.00	0.0000
km 03 - km 04	136.99	136.99	1369.86
km 04 - km 05	0.00	0.00	0.0000

*color rojo es puntos críticos
Fuente: Elaboración propia (2019).

Alba (2008), indica que los accidentes de tránsito están asociados al diseño geométrico, el tránsito y las dotaciones viales; así mismo otros autores que han hechos estudios de consistencia afirman que mientras más inconsistente sea el diseño geométrico de una carretera es más propensa a que se produzcan accidentes; haciéndola a la vía más insegura, e incómoda. Por lo tanto, como la mayoría de elementos geométricos no cumplen con lo normado y después de haber visto que donde ocurrieron los accidentes de tránsito, la geometría de la vía no cumple con los parámetros de diseño geométrico del MDCNPBVT (2005), además siendo esta inconsistente, con todos los resultados obtenidos se determina que la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 es insegura en un 62.98%.

Además, la consistencia geométrica sería un factor importante para tomar decisiones adecuadas donde se pueda corregir y mejorar las señalizaciones según su clasificación (regular o mala) como también rediseñar la carretera si su clasificación es mala, para poder disminuir la cantidad de accidentes y su severidad. Encontrándose como puntos críticos los km 2 y 4.

4.4. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

De acuerdo con los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis general planteada, donde se estable que la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00, en función a sus elementos geométricos, no es segura; entonces se puede afirmar que la hipótesis planteada es correcta, pues la carretera es insegura en un 62.98 %.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. CONCLUSIONES.

- Según los resultados obtenidos de la evaluación de la seguridad vial de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00, en función a sus elementos geométricos, se concluye que la carretera es insegura en un 62.98%, debido a que muchos elementos no cumplen con lo normado, puesto que el simple hecho de que exista peligro en un punto de ésta deja de ser segura.
- Se realizó el levantamiento topográfico de 5 kilómetros de la carretera la Shita – Atumpata y se determinó las características de los elementos geométricos en planta, perfil y secciones transversales, la cual tiene una topografía predominantemente ondulada (tipo II), 104 curvas horizontales, 23 curvas verticales, curvas horizontales con radios muy reducidos hasta de 4m, pendientes muy fuertes hasta el 17.85 % y no presenta señalización ni sistema de drenaje como son las cunetas.
- Después de comparar las características de los elementos geométricos de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00, con los parámetros de diseño geométrico establecidos en el MDCNPBVT (2005), se tiene que dichos elementos no cumplen el 61.38% en planta, el 56.76% en perfil y el 55.10% en sección transversal, y según estos porcentajes se concluye que no se garantiza la seguridad vial.
- Se evaluó la consistencia geométrica de la carretera la Shita – Atumpata km 00+00 – km 05+00 a través de la estimación de las velocidades de operación en curvas horizontales y tangentes obteniéndose que el 13.46% es bueno, el 13.94% tolerable y el 72.60% pobre, y de acuerdo a estos porcentajes la carretera tiene una geometría inconsistente que lo hace insegura.
- Se calculó que el índice de peligrosidad es 136.99 y el índice de severidad 1369.86, y siendo estos valores muy elevados, se determinó como puntos críticos de la carretera el km 2 y km 4, donde se produjeron los accidentes de tránsito.
- Al verificar el cumplimiento de los parámetros de diseño geométrico en los puntos donde ocurrieron accidentes de tránsito, se determinó que la mayoría no cumplen con lo normado, teniendo una consistencia geométrica pobre; indicando que el no cumplimiento con los parámetros de diseño geométrico y la inconsistencia geométrica de una vía, hace que ésta sea insegura e incómoda.

5.2. RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda rediseñar la carretera estudiada, tener en cuenta a los parámetros de diseño geométrico mencionados en la presente investigación, colocar la señalización respectiva y sistema de drenaje, considerando la evaluación de la consistencia geométrica, para hacer un mejoramiento de la vía con el fin de evitar posibles accidentes de tránsito y hacer a la vía más accesible, cómoda y segura.
- ✓ Profundizar en el tema de seguridad vial, considerando las condiciones mecánicas de los vehículos y el factor humano como los conductores, ya que la presente investigación sólo se limitó a la evaluación en función a los elementos de diseño geométrico de la carretera.
- ✓ Utilizar la evaluación de consistencia geométrica, para futuras investigaciones, con la aplicación de los criterios de consistencia y representación gráfica del perfil de velocidades en la etapa de un proyecto y durante la ejecución de una obra vial, debido a que los proyectistas y ejecutores no interactúan con el conductor al momento de modificar el diseño de la vía.
- ✓ Se recomienda realizar investigaciones sobre las velocidades de operación en carreteras peruanas, ya que las fórmulas utilizadas en esta investigación se tomaron de la norma DG-2018 que utiliza fórmulas de carreteras de otros países.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba, M. (2008). *Procedimiento para el tratamiento de los emplazamientos urbanos con alta concentración de accidentes (Tesis Doctoral)*. Facultad de Ingeniería Civil, ISPJAE, Ciudad de la Habana, Cuba. Recuperado de <https://docplayer.es/17239564-Seguridad-vial-en-cuba.html>.
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaria de Transito, Cal y Mayor Asociados (2005). *Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte*. Bogotá D.C. Recuperado de http://cittus.com/aym_images/files/Manuales_de_Planeacion_Tomo_I.pdf.
- Barrera, L. (2012). Parámetros de seguridad vial para el diseño geométrico de carreteras. *Revista Digital Apuntes de Investigación*. Vol. 4. Recuperado de https://www.academia.edu/36395245/PARAMETROS_DE_SEGURIDAD_VIAL_PARA_EL_DISENO_GEOMETRICO_Apuntes_1_pdf.
- Bañón, L. (s.f.). Manual de carreteras.
- Cardenas, J. (2002). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Cali: Eco Ediciones.
- Casanova, L. (2002). Levantamientos Topográficos. Mérida, Venezuela.
- CHOCONTÁ, A. (1998). *Diseño Geométrico De Vías*. Bogotá – Colombia.
- Echaveguren, T., y Sáez, J. (2001). Indicadores de Consistencia en el Diseño Geométrico de Carreteras. *X Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte*. Chile. Recuperado de <https://studylib.es/doc/6597563/indicadores-de-consistencia-en-el-dise%C3%B1o-geom%C3%A9trico-de-ca...>
- Espinales Cedeño, R. (2011). *Revisión de la Seguridad Vial en el camino rural Tutumbe - Río Meriano mediante la aplicación del software IHSDM*. (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.
- FELIPE, E. (2014). *Análisis de Consistencia del Trazado en Caminos de Montaña en la República de Guatemala*. Guatemala.
- Gaona, E. (2017). *Evaluación de la seguridad de la carretera Jesús – San Marcos tramo el Carmen – Yuracpirca en función a sus parámetros de diseño* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Garach Morcillo, L. (2013). *Medida de la Consistencia en Carreteras Convencionales y su Relación con la Seguridad Vial. Aplicación a la Provincia de Granada*. (Tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada.
- García, A., Camacho, F., Pérez, A., Moreno, A., y Lorca, C. (2013). *Nuevo proceso de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras*. Cuaderno Tecnológico de la PTC 6/2013. Plataforma Tecnológica Española de la Carretera, Madrid.

- García, A., Camacho, F., Pérez, A., Moreno, A., y Lorca, C. (2013). *Nuevo proceso de diseño geométrico para unas carreteras convencionales más seguras*. Cuaderno Tecnológico de la PTC 6/2013. Plataforma Tecnológica Española de la Carretera, Madrid.
- García, A., Camacho, F., y Pérez, A. (2013). *Integración de la consistencia en el Proceso de Diseño Geométrico de Carreteras*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/235982576/Integracion-de-La-Consistencia-en-El-Proceso-de-Diseno-Geometrico-de-Carreteras-20130605>
- Gómez, G. y Quispe, J. (2017). *Evaluación de la seguridad vial - nominal de la carretera Enaco - abra Ccorao de acuerdo a la consistencia del diseño geométrico* (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cuzco, Cuzco, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/992>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2001). *Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG-2001*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima, Perú. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2005). *Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentados De Bajo Volumen De Tránsito*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima, Perú. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima, Perú. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Dispositivo de control del Tránsito Automotor para calles y carreteras*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima, Perú. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras-Diseño Geométrico DG-2018*. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Lima, Perú. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Actualización del Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras - SINAC. Anexo - decreto supremo n° 011-2016-mtc*. Lima. Recuperado de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Miranda, V. (2016). *Evaluación de la seguridad vial de la carretera Riobamba – Penipe, E490 ubicado en la provincia de Chimborazo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional

de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/1463>

- Ortiz F. (2018). *Evaluación de la seguridad vial de la carretera Cajamarca – Otuzco en función a sus parámetros de diseño* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2002>
- Pérez, A., Camacho, F., y García, A. (2011). *La velocidad de operación y su aplicación en el análisis de la consistencia de carreteras para la mejora de la seguridad vial*. Cuaderno Tecnológico de la PTC 6/2011. Plataforma Tecnológica Española de la Carretera, Madrid. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261249580_La_velocidad_de_operacion_y_su_aplicacion_en_el_analisis_de_la_consistencia_de_carreteras_para_la_mejora_de_la_seguridad_vial
- Posada-Henao, J., Cadavid-Agudelo, S., y Castro Gómez, L. (2014). *Consistencia en el diseño. Predicción de la velocidad de operación*. Ingeniería Solidaria, vol. 10, n.º17. Recuperado de <file:///C:/Users/User/Downloads/803-Article%20Text-1845-1-10-20150408.pdf>
- Reinoso, V. (2013). *Análisis de las Características Geométricas de la Ruta PE-06 A en el Departamento de Lambayeque con Propuesta de Solución al Empalme E-1N en el Área Metropolitana de Chiclayo* (tesis de pregrado). Universidad San Martín de Porras, Lima, Perú. Recuperado de http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/bitstream/usmp/662/3/reinoso_va.pdf
- Sánchez J. (2017). *Aplicación del análisis de consistencia como complemento al diseño geométrico para la Seguridad Vial de la carretera Conococha – Huaraz, tramo km 510+000 al km 570+000 Áncash* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú. Recuperado de http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2157/T033_42520688_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Sánchez, J. (2011). *Metodología para la Evaluación de la Consistencia del Trazado de Carreteras Interurbanas de Dos Carriles*. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado de <http://oa.upm.es/11371/>.
- Velez Garcia, V. (2011). *Consistencia y Seguridad Vial en el Tramo de Carretera Jipijapa – Julcuy (Carretera Rural)*. (Tesis de Maestría). Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo.
- Villacorta, J. (2018) *Los accidentes de tránsito y su relación con las características geométricas de la av. héroes del Cenepa desde la av. Independencia hasta la av. Vía de Evitamiento Sur en la ciudad de Cajamarca* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1983>

ANEXO A: PANEL FOTOGRÁFICO



Foto A.1. Equipo de trabajo para levantamiento topográfico con estación total Leica.



Foto A.2. Instalación de estación total en campo para realizar levantamiento topográfico.



Foto A.3. Punto inicial del tramo de la carretera km 00 + 000.00 en el sector la Shita.



Foto A.4. Materialización de BMs en Campo.



Foto A.5. Realizando medición de ancho de calzada de la carretera.



Foto A.6. Curva n° 49 ubicada en la progresiva 2 + 100.67, donde se observa una pendiente fuerte, poco sobreebancho, no hay cunetas ni señalización.



Foto A.7. Curva n° 85 ubicada en la progresiva 3 + 644.93, no hay obras de arte como es las cunetas.



Foto A.8. Toma de puntos con estación total, lugar Atumpata.



Foto A.9. Se observa que necesita una alcantarilla, no existe obras de arte en toda la vía, solo hay escasos tramos con cunetas como este que en inicio de la carretera km 00 + 062.00.



Foto A.10. En la fotografía se puede observar la falta de cunetas.



Foto A.11. La mayor parte de la carretera tiene una fuerte pendiente como se muestra en la fotografía.



Foto A.12. Punto final hasta donde se ha realizado la presente tesis en el km 00 + 000.00 en el Caserío Atumpata.



Foto A.13. Realizando conteo de vehículos de la carretera la Shita Atumpata.



Foto A.14. Se observa el tránsito de una camioneta pick up movilizándose hacia el caserío Atumpata

ANEXO B: PUNTOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Tabla B.1.
Puntos de levantamiento topográfico

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
1	828072.379	9195651.518	3249.523	BM1_1	45	828023.444	9195583.729	3256.011	R_45
2	828091.273	9195595.901	3243.063	CAR_2	46	828054.952	9195578.437	3251.286	R_46
3	828091.159	9195588.759	3243.068	CAR_3	47	828049.251	9195561.953	3251.866	R_47
4	828085.296	9195642.727	3245.658	CAR_4	48	828017.708	9195565.577	3258.92	R_48
5	828080.877	9195588.930	3243.933	CAR_5	49	828037.926	9195564.325	3255.017	B_49
6	828090.536	9195642.207	3245.724	CAR_6	50	828032.436	9195564.803	3256.09	T_50
7	828081.408	9195597.923	3243.820	CAR_7	51	828033.732	9195564.844	3254.866	T_51
8	828078.603	9195656.380	3246.168	CAR_8	52	828034.742	9195548.499	3256.847	B_52
9	828084.598	9195660.289	3246.502	CAR_9	53	828030.209	9195548.997	3256.381	B_53
10	828070.285	9195598.796	3244.296	CAR_10	54	828029.829	9195549.021	3256.842	T_54
11	828072.356	9195674.042	3247.958	CAR_11	55	828015.134	9195550.443	3260.566	R_55
12	828066.953	9195669.881	3247.621	CAR_12	56	828043.208	9195547.42	3254.406	R_56
13	828080.562	9195600.232	3243.852	CAR_13	57	828045.606	9195536.541	3256.148	R_57
14	828082.037	9195613.954	3244.667	CAR_14	58	828012.952	9195543.151	3261.848	R_58
15	828076.279	9195617.724	3244.493	CAR_15	59	828037.693	9195537.717	3258.555	B_59
16	828083.069	9195647.159	3245.800	CL_16	60	828025.97	9195539.685	3259.933	T_60
17	828085.300	9195643.232	3245.681	BI_17	61	828027.146	9195539.117	3257.988	C_61
18	828084.168	9195644.863	3245.860	EI_18	62	828029.304	9195530.906	3258.839	B_62
19	828080.343	9195647.912	3247.705	TI_19	63	828032.71	9195524.199	3255.743	R_63
20	828076.856	9195629.463	3247.275	B_20	64	828013.119	9195535.48	3261.86	T_64
21	828068.078	9195652.951	3249.762	R_21	65	828017.295	9195520.911	3256.162	R_65
22	828074.603	9195631.901	3247.050	C_22	66	828008.992	9195544.42	3262.863	R_66
23	828074.077	9195632.281	3246.958	C_23	67	828014.905	9195529.798	3260.296	B_67
24	828073.856	9195632.559	3247.723	C_24	68	828013.189	9195533.661	3259.553	C_68
25	828063.158	9195640.200	3251.113	R_25	69	827989.042	9195539.419	3267.836	R_69
26	828066.946	9195620.741	3248.091	C_26	70	827993.65	9195526.376	3262.008	C_70
27	828066.255	9195621.646	3248.852	T_27	71	827993.516	9195527.222	3263.631	T_71
28	828070.409	9195619.135	3248.341	B_28	72	827995.713	9195522.475	3262.486	B_72
29	828056.992	9195628.152	3252.239	R_29	73	828000.693	9195512.069	3258.571	R_73
30	828060.025	9195607.571	3249.663	B_30	74	827979.728	9195517.083	3263.879	C_74
31	828057.996	9195611.405	3249.333	B_31	75	827979.599	9195517.418	3264.86	T_75
32	828057.478	9195612.041	3250.226	B_32	76	827986.958	9195504.534	3261.122	R_76
33	828048.747	9195618.427	3253.560	R_33	77	827973.263	9195523.828	3268.704	R_77
34	828065.111	9195589.888	3247.784	R2_34	78	827981.354	9195512.209	3264.385	B_78
35	828044.781	9195613.631	3253.640	R3_35	79	827964.686	9195514.904	3269.085	R_79
36	828028.807	9195601.703	3253.850	R_36	80	827972.861	9195504.489	3265.784	B_80
37	828055.326	9195595.890	3248.534	R_37	81	827970.253	9195508.618	3266.991	C_81
38	828028.151	9195598.038	3252.927	R_38	82	827970.538	9195508.213	3265.326	C_82
39	828044.817	9195599.250	3250.535	AL_39	83	827977.103	9195494.292	3262.078	R_83
40	828039.370	9195599.957	3250.828	AL_40	84	827969.553	9195492.479	3263.447	K_84
41	828039.115	9195599.944	3251.156	AL_41	85	827962.976	9195493.58	3264.307	K_85
42	828045.080	9195584.167	3253.346	B_42	86	827955.295	9195498.524	3267.388	T_86
43	828038.122	9195584.546	3253.872	T_43	87	827955.554	9195498.36	3266.888	C_87
44	828039.444	9195584.333	3252.364	C_43	88	827958.612	9195495.783	3267.133	B_88

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
89	827945.219	9195505.674	3270.505	R_89	134	827886.142	9195291.228	3292.686	V_134
90	827937.533	9195487.971	3272.239	R_90	135	827890.4	9195290.513	3292.771	V_135
91	827951.184	9195482.464	3268.947	B_91	136	827869.957	9195288.88	3300.241	R_136
92	827946.694	9195484.127	3269.956	T_92	137	827900.299	9195289.598	3288.959	R_137
93	827947.292	9195483.913	3268.513	C_93	138	827872.886	9195268.823	3301.353	R_138
94	827943.627	9195468.671	3270.831	B_94	139	827902.954	9195268.145	3291.811	R_139
95	827940.469	9195471.328	3270.291	C_95	140	827899.6	9195267.768	3293.085	BM2_140
96	827928.861	9195476.750	3277.909	R_96	141	827888.058	9195268.36	3296.833	V_141
97	827937.440	9195472.871	3273.898	T_97	142	827888.71	9195268.334	3295.084	V_142
98	827953.364	9195460.594	3266.363	R_98	143	827893.651	9195267.968	3295.362	V_143
99	827920.932	9195457.604	3276.088	T_99	144	827880.825	9195246.646	3298.797	V_144
100	827922.327	9195456.002	3273.940	C_100	145	827880.548	9195246.289	3298.347	V_145
101	827933.768	9195442.597	3271.427	R_101	146	827882.439	9195246.258	3296.567	V_146
102	827923.972	9195451.882	3274.400	B_102	147	827906.894	9195256.994	3289.838	R4_147
103	827897.060	9195445.288	3280.529	R_103	148	827868.179	9195263.528	3302.852	R5_148
104	827905.573	9195441.497	3278.880	T_104	149	827900.599	9195244.646	3289.809	R_149
105	827905.960	9195441.190	3277.479	C_105	150	827885.983	9195245.961	3296.512	V_150
106	827911.561	9195438.515	3277.499	B_106	151	827877.213	9195230.005	3299.33	V_151
107	827921.392	9195433.865	3275.324	R_107	152	827881.847	9195230.285	3297.093	V_152
108	827903.739	9195412.284	3281.836	T_108	153	827878.614	9195230.155	3297.098	V_153
109	827905.843	9195412.085	3280.238	C_109	154	827861.893	9195229.244	3304.639	R_154
110	827919.204	9195410.145	3277.847	R_110	155	827889.693	9195227.287	3292.845	R_155
111	827887.720	9195414.496	3285.061	R_111	156	827873.451	9195202.392	3300.472	R_156
112	827909.679	9195411.795	3280.464	B_112	157	827890.907	9195201.751	3292.096	R_157
113	827885.717	9195387.543	3287.220	R_113	158	827860.068	9195203.619	3304.946	R_158
114	827900.372	9195385.793	3283.559	V_114	159	827878.788	9195202.343	3297.915	V_159
115	827900.993	9195385.653	3282.764	V_115	160	827875.206	9195201.858	3297.918	V_160
116	827905.298	9195384.886	3282.755	V_116	161	827872.968	9195179.869	3298.879	V_161
117	827916.792	9195382.713	3280.671	R_117	162	827871.909	9195179.766	3300.267	V_162
118	827898.930	9195364.153	3286.412	V_118	163	827876.144	9195179.162	3299.031	V_163
119	827899.475	9195364.069	3285.293	V_119	164	827856.929	9195180.414	3304.653	R_164
120	827911.585	9195361.591	3282.490	R_120	165	827886.056	9195177.634	3293.99	R_165
121	827904.139	9195364.271	3285.456	V_121	166	827854.46	9195154.503	3304.979	R_166
122	827883.583	9195365.924	3290.219	R_122	167	827884.845	9195149.197	3295.827	R_167
123	827897.887	9195342.882	3287.307	V_123	168	827869.101	9195151.966	3300.619	V_168
124	827879.421	9195344.256	3292.220	R_124	169	827869.52	9195151.776	3300.141	V_169
125	827894.499	9195343.237	3287.139	V_125	170	827872.933	9195150.929	3300.149	V_170
126	827894.023	9195343.133	3288.408	V_126	171	827865.112	9195129.973	3302.521	V_171
127	827907.625	9195339.758	3283.620	R_127	172	827865.714	9195129.848	3301.642	V_172
128	827874.911	9195318.879	3296.207	R_128	173	827869.934	9195129.419	3301.628	V_173
129	827890.072	9195317.259	3291.614	V_129	174	827878.781	9195124.112	3299.304	R_174
130	827890.987	9195317.479	3290.139	V_130	175	827851.113	9195131.937	3307.503	R_175
131	827905.165	9195316.282	3285.887	R_131	176	827877.385	9195108	3300.324	R_176
132	827894.836	9195316.551	3290.282	V_132	177	827849.212	9195117.204	3308.451	R_177
133	827885.739	9195291.274	3293.816	V_133	178	827859.057	9195114.742	3304.589	V_178

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
179	827863.304	9195113.128	3303.690	V_179	224	827746.924	9194982.889	3329.58	V_224
180	827859.528	9195114.660	3303.448	V_180	225	827741.696	9194982.481	3329.401	V_225
181	827850.783	9195095.708	3306.775	V_181	226	827741.159	9194982.305	3330.345	V_226
182	827847.784	9195097.848	3306.812	V_182	227	827729.156	9194982.192	3333.959	R_227
183	827846.865	9195098.386	3307.961	V_183	228	827760.086	9194975.445	3328.009	R_228
184	827858.385	9195090.675	3303.287	R_184	229	827723.791	9194961.941	3336.031	R_229
185	827836.683	9195102.670	3312.119	R_185	230	827759.376	9194962.3	3330.245	R_230
186	827844.185	9195074.148	3306.964	R_186	231	827740.774	9194962.027	3333.062	V_231
187	827825.944	9195086.844	3314.253	R_187	232	827741.296	9194961.738	3332.483	V_232
188	827838.133	9195079.660	3309.884	V_188	233	827750.026	9194961.731	3332.772	V_233
189	827834.760	9195081.432	3309.780	V_189	234	827737.371	9194941.377	3334.352	ALC_234
190	827833.895	9195082.285	3311.012	V_190	235	827729.14	9194942.443	3334.925	ALC_235
191	827827.514	9195069.496	3311.638	ALC_191	236	827729.034	9194942.873	3335.954	ALC_236
192	827821.952	9195071.487	3313.002	ALC_192	237	827745.001	9194935.087	3332.575	R_237
193	827822.478	9195071.008	3312.310	ALC_193	238	827715.941	9194948.813	3338.743	R_238
194	827837.083	9195058.881	3306.352	R_194	239	827732.865	9194919.471	3333.013	R_239
195	827812.719	9195079.102	3317.422	R_195	240	827701.311	9194937.056	3342.331	R_240
196	827841.447	9195053.951	3305.165	R6_198	241	827722.193	9194926.441	3336.788	V_241
197	827809.225	9195086.324	3319.815	R7_199	242	827716.982	9194930.008	3337.854	V_242
198	827806.990	9195069.532	3317.238	R_198	243	827717.75	9194929.708	3336.748	V_243
199	827818.949	9195051.266	3310.690	R_199	244	827707.015	9194910.133	3339.739	V_244
200	827797.189	9195069.649	3319.172	R_200	245	827702.532	9194912.414	3339.692	V_245
201	827808.400	9195059.525	3314.970	V_201	246	827702.269	9194912.873	3340.601	V_246
202	827804.347	9195064.082	3316.200	V_202	247	827716.162	9194903.416	3337.006	R_247
203	827805.183	9195062.785	3314.927	V_203	248	827690.003	9194918.055	3344.967	R_248
204	827791.482	9195049.295	3317.497	V_204	249	827712.952	9194892.79	3338.563	R_249
205	827787.584	9195053.942	3318.647	V_205	250	827682.385	9194905.685	3346.922	R_250
206	827788.319	9195052.525	3317.448	V_206	251	827703.494	9194896.361	3342.154	V_251
207	827797.288	9195040.565	3314.087	R_207	252	827696.452	9194898.977	3343.518	V_252
208	827780.838	9195061.691	3322.523	R_208	253	827697.199	9194898.207	3341.98	V_253
209	827786.118	9195027.005	3316.373	R_209	254	827714.913	9194890.623	3337.656	R8_256
210	827762.517	9195046.556	3325.308	R_210	255	827679.398	9194908.787	3347.964	R9_257
211	827774.400	9195035.251	3320.274	V_211	256	827694.276	9194877.125	3340.247	R_256
212	827770.192	9195039.201	3321.346	V_212	257	827664.403	9194902.387	3351.85	R_257
213	827771.119	9195038.560	3320.158	V_213	258	827684.942	9194885.423	3345.266	V_258
214	827757.221	9195026.640	3322.419	V_214	259	827681.794	9194888.992	3345.188	V_259
215	827757.018	9195026.845	3323.874	V_215	260	827681.555	9194889.249	3346.01	V_260
216	827760.702	9195023.483	3322.491	V_216	261	827661.177	9194875.489	3348.82	V_261
217	827754.524	9195031.378	3326.935	R_217	262	827656.308	9194879.977	3349.934	V_262
218	827776.879	9195009.925	3319.366	R_218	263	827656.752	9194879.364	3349.17	V_263
219	827769.271	9194991.694	3323.113	R_219	264	827671.605	9194865.623	3344.269	R_264
220	827744.364	9195007.006	3325.289	R_220	265	827641.569	9194887.582	3356.698	R_265
221	827744.333	9195007.464	3326.011	V_221	266	827657.812	9194845.751	3348.615	R_266
222	827748.277	9195004.025	3325.590	V_222	267	827647.737	9194851.431	3353.997	V_267
223	827735.787	9195005.812	3330.693	R_225	268	827643.063	9194854.623	3355.833	V_268

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
269	827643.894	9194853.560	3353.644	V_269	314	827561.66	9194654.893	3385.319	V_314
270	827630.945	9194860.688	3360.867	R_272	315	827556.216	9194654.714	3387.242	V_315
271	827629.715	9194834.347	3356.995	V_271	316	827557.536	9194654.523	3385.063	V_316
272	827625.791	9194836.602	3357.007	V_272	317	827545.238	9194654.461	3393.139	R_317
273	827624.793	9194837.352	3358.572	V_273	318	827569.321	9194651.211	3380.819	R_318
274	827613.957	9194842.294	3363.367	R_274	319	827545.617	9194636.513	3395.949	R_319
275	827618.773	9194839.423	3361.345	BM3_275	320	827571.988	9194636.061	3382.662	R_320
276	827638.256	9194830.069	3352.333	R_276	321	827557.72	9194635.442	3389.901	V_321
277	827606.681	9194817.929	3367.375	R_277	322	827562.965	9194635.981	3387.688	V_322
278	827640.610	9194805.473	3353.151	R_278	323	827558.474	9194634.974	3387.762	V_323
279	827617.105	9194813.858	3362.661	R_279	324	827558.304	9194607.087	3392.89	V_324
280	827617.538	9194813.682	3361.027	V_280	325	827564.107	9194607.287	3390.588	V_325
281	827623.275	9194811.604	3361.169	V_281	326	827560.242	9194606.862	3390.554	V_326
282	827612.994	9194793.158	3363.932	V_282	327	827574.066	9194606.201	3385.512	V_327
283	827608.394	9194796.723	3365.916	V_283	328	827546.857	9194605.807	3400.133	R_328
284	827609.137	9194795.373	3363.770	V_284	329	827574.458	9194582.013	3386.794	R_329
285	827597.601	9194801.003	3371.227	R_285	330	827543.17	9194585.953	3403.338	R_330
286	827619.156	9194787.648	3358.258	R_286	331	827564.047	9194584.17	3392.937	V_331
287	827611.054	9194764.403	3360.241	R_287	332	827558.972	9194583.982	3394.698	V_332
288	827576.058	9194773.195	3376.408	R_288	333	827560.132	9194583.806	3393.036	V_333
289	827596.250	9194764.359	3367.929	V_289	334	827555.507	9194568.028	3396.066	V_334
290	827590.174	9194767.392	3369.656	V_290	335	827560.283	9194568.665	3394.291	V_335
291	827591.263	9194766.401	3367.592	V_291	336	827567.974	9194559.064	3392.49	R12_336
292	827595.513	9194746.627	3369.692	VRD_292	337	827546.672	9194562.897	3401.293	R13_337
293	827593.835	9194746.871	3372.987	VRD_293	338	827557.818	9194571.206	3394.195	V_338
294	827599.429	9194747.386	3370.016	VRD_294	339	827554.009	9194555.217	3398.539	V_339
295	827580.667	9194745.137	3377.459	R_295	340	827558.911	9194552.627	3396.733	V_340
296	827610.193	9194745.746	3364.483	R_296	341	827554.69	9194554.048	3396.807	V_341
297	827612.125	9194739.261	3363.583	R10_297	342	827563.207	9194547.813	3393.325	R_342
298	827581.152	9194741.981	3377.372	R11_298	343	827540.809	9194555.03	3404.704	R_343
299	827582.369	9194720.245	3375.632	V_299	344	827545.783	9194555.03	3402.2	BM4_344
300	827582.972	9194719.853	3374.008	V_300	345	827532.359	9194541.112	3407.592	R_345
301	827595.753	9194713.753	3368.310	R_301	346	827539.686	9194535.84	3402.267	R_346
302	827586.494	9194717.781	3373.820	R_302	347	827548.415	9194528.184	3394.572	R_347
303	827569.008	9194725.841	3382.539	R_303	348	827543.721	9194533.061	3399.554	V_348
304	827574.490	9194702.170	3376.987	V_304	349	827541.029	9194535.378	3399.659	V_349
305	827570.745	9194703.983	3376.993	V_305	350	827549.624	9194545.661	3398.251	ALC_350
306	827569.326	9194704.228	3378.982	V_306	351	827555.022	9194546.031	3397.729	ALC_351
307	827558.914	9194709.461	3385.988	R_307	352	827525.671	9194521.106	3403.654	V_352
308	827582.911	9194695.678	3371.190	R_308	353	827527.978	9194516.853	3401.39	V_353
309	827577.615	9194676.968	3374.881	R_309	354	827526.137	9194520.262	3401.42	V_354
310	827548.426	9194682.180	3390.217	V_310	355	827520.036	9194525.595	3408.715	R_355
311	827562.574	9194678.978	3381.789	V_311	356	827544.613	9194528.711	3397.626	R14_356
312	827558.594	9194678.468	3381.781	V_312	357	827530.701	9194536.133	3407.403	R15_357
313	827557.235	9194678.780	3384.113	V_313	358	827516.018	9194509.71	3403.084	V_358

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
359	827514.852	9194513.572	3402.953	V_359	404	827507.864	9194402.23	3438.175	RRF_404
360	827514.494	9194514.899	3405.188	V_360	405	827522.902	9194420.006	3419.596	RRF_405
361	827517.487	9194504.177	3400.320	R_361	406	827515.603	9194412.16	3428.536	VRF_406
362	827506.375	9194521.626	3412.422	R_362	407	827543.277	9194402.745	3421.316	RRF_407
363	827496.049	9194499.954	3406.574	VIRF_363	408	827532.768	9194393.098	3430.559	VRF_408
364	827493.966	9194503.126	3406.597	VIRF_364	409	827537.61	9194396.095	3427.771	VRF_409
365	827489.846	9194510.796	3416.936	RIRF_365	410	827534.549	9194393.974	3427.924	VRF_410
366	827496.728	9194496.716	3404.458	RIRF_366	411	827522.639	9194383.28	3439.888	RRF_411
367	827492.094	9194503.288	3409.835	VIRF_367	412	827545.039	9194360.017	3443.239	RRF_412
368	827481.632	9194486.684	3409.443	VRF_368	413	827558.898	9194376.232	3431.292	VRF_413
369	827477.337	9194491.195	3412.179	VRF_369	414	827556.027	9194374.381	3431.267	VRF_414
370	827477.642	9194490.865	3409.578	VRF_370	415	827554.962	9194373.599	3433.347	VRF_415
371	827485.296	9194485.036	3406.175	RRF_371	416	827555.958	9194374.398	3431.369	VRF_416
372	827468.329	9194497.043	3419.710	RRF_372	417	827566.437	9194378.789	3425.734	VRF_417
373	827468.137	9194480.531	3411.645	VRF_373	418	827574.033	9194345.53	3436.014	VRF_418
374	827466.570	9194483.731	3411.704	VRF_374	419	827572.955	9194345.161	3437.96	VRF_419
375	827462.478	9194488.882	3421.993	RRF_375	420	827587.047	9194355.948	3427.622	RRF_420
376	827465.378	9194484.291	3418.676	VRF_376	421	827561.981	9194337.118	3444.957	RRF_421
377	827469.613	9194474.763	3407.824	RRF_377	422	827577.435	9194348.154	3435.266	VRF_422
378	827452.492	9194470.916	3413.462	VRF_378	423	827565.643	9194340.499	3442.301	BM5_419
379	827448.313	9194472.245	3413.895	VRF_379	424	827589.712	9194321.116	3439.634	VRF_424
380	827459.613	9194469.563	3410.727	RRF_380	425	827577.724	9194317.297	3444.935	RRF_425
381	827447.077	9194471.962	3415.639	VRF_381	426	827585.973	9194319.899	3439.707	VRF_426
382	827442.171	9194466.605	3419.773	RRF_382	427	827585.523	9194319.593	3440.656	VRF_427
383	827462.811	9194467.377	3407.426	RRF_383	428	827569.852	9194313.37	3449.567	R16_428
384	827430.556	9194460.445	3422.137	RRF_384	429	827600.828	9194324.619	3434.45	R17_429
385	827443.982	9194463.757	3416.125	VRF_385	430	827608.685	9194316.349	3436.088	R_430
386	827446.350	9194463.267	3414.530	BDVRF_386	431	827587.229	9194311.757	3443.917	VIC_431
387	827450.257	9194464.939	3414.323	BDVRF_387	432	827593.775	9194313.796	3443.575	VIC_432
388	827458.211	9194453.486	3415.438	VRF_388	433	827585.058	9194312.536	3445.709	VIC_433
389	827456.215	9194450.763	3415.723	VRF_389	434	827597.048	9194307.55	3444.709	VIC_434
390	827446.030	9194442.046	3426.861	RRF_390	435	827584.702	9194307.251	3445.85	VIC_435
391	827457.201	9194447.200	3419.638	VRF_391	436	827597.673	9194299.542	3445.36	VIC_436
392	827469.722	9194440.782	3417.581	VRF_392	437	827583.585	9194309.116	3447.415	VC_437
393	827472.160	9194444.019	3417.696	VRF_393	438	827600.248	9194285.482	3444.44	VC_438
394	827469.499	9194439.080	3420.351	VRF_394	439	827585.65	9194299.428	3446.204	R_439
395	827481.131	9194448.082	3412.559	RRF_395	440	827585.631	9194298.617	3448.585	R_440
396	827466.090	9194429.965	3429.192	RRF_396	441	827574.561	9194303.838	3447.734	V_441
397	827504.758	9194433.528	3417.151	RRF_397	442	827589.486	9194285.018	3449.556	R_442
398	827486.924	9194415.270	3435.685	RRF_398	443	827579.149	9194308.801	3447.073	V_443
399	827500.668	9194428.837	3422.143	VRF_399	444	827579.694	9194309.986	3448.504	V_444
400	827494.671	9194424.346	3428.661	VRF_400	445	827574.821	9194301.886	3452.074	V_445
401	827497.840	9194426.060	3422.108	VRF_401	446	827569.752	9194293.453	3456.222	R_446
402	827519.266	9194415.336	3424.895	VRF_402	447	827566.074	9194321.625	3449.981	V_447
403	827516.868	9194412.369	3424.901	VRF_403	448	827562.201	9194315.163	3449.993	V_448

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
449	827557.146	9194309.454	3457.122	R_449	494	827499.039	9194305.557	3478.737	VS_494
450	827561.251	9194313.522	3454.323	V_450	495	827499.648	9194305.697	3477.424	VS_495
451	827546.861	9194337.491	3452.818	V_451	496	827516.196	9194286.663	3480.536	VS_496
452	827543.949	9194333.755	3453.117	V_452	497	827512.606	9194284.541	3482.408	VS_497
453	827543.700	9194333.339	3454.907	V_453	498	827513.041	9194284.49	3480.787	VS_498
454	827531.825	9194325.329	3460.871	R_454	499	827524.339	9194272.875	3482.718	VS_499
455	827521.924	9194354.842	3456.106	V_455	500	827517.473	9194272.378	3484.587	VS_500
456	827520.270	9194351.511	3456.335	V_456	501	827518.295	9194272.102	3482.992	VS_501
457	827519.945	9194351.035	3458.045	V_457	502	827525.499	9194266.014	3483.594	VS_502
458	827514.486	9194343.868	3461.781	R_458	503	827515.948	9194270.674	3486.112	VS_503
459	827511.210	9194364.074	3457.925	R18_459	504	827515.997	9194268.453	3484.646	VS_504
460	827483.523	9194351.151	3472.400	R19_460	505	827538.526	9194267.77	3476.274	R_505
461	827503.860	9194364.788	3458.653	V_461	506	827540.627	9194252.566	3478.86	R_506
462	827501.057	9194360.785	3460.538	V_462	507	827528.521	9194243.461	3485.284	R_507
463	827483.399	9194351.050	3472.383	V_463	508	827517.882	9194261.168	3484.99	R_508
464	827478.534	9194349.409	3472.609	V_464	509	827523.738	9194260.719	3484.587	V_509
465	827477.617	9194348.906	3473.788	V_465	510	827517.151	9194259.557	3487.252	V_510
466	827481.888	9194375.266	3462.648	V_466	511	827509.561	9194266.229	3486.072	VIC_511
467	827480.382	9194371.671	3462.833	V_467	512	827508.069	9194262.662	3490.983	R_512
468	827480.148	9194370.993	3464.620	V_468	513	827503.448	9194275.699	3487.452	V_513
469	827469.836	9194359.446	3470.963	V_469	514	827502.34	9194274.458	3490.018	V_514
470	827473.335	9194364.281	3470.952	V_470	515	827506.169	9194278.984	3487.512	V_515
471	827465.047	9194377.280	3466.337	V_471	516	827491.362	9194267.006	3496.616	R_516
472	827465.179	9194376.860	3467.467	V_472	517	827495.678	9194285.534	3489.11	V_517
473	827463.981	9194371.598	3469.683	V_473	518	827494.188	9194282.613	3489.085	V_518
474	827465.386	9194381.287	3466.520	V_474	519	827493.779	9194282.139	3490.532	V_519
475	827456.153	9194368.613	3469.479	V_475	520	827483.31	9194274.694	3496.5	R_520
476	827455.496	9194382.585	3467.979	V_476	521	827488.148	9194277.289	3494.008	BM6_521
477	827454.088	9194374.295	3468.969	V_477	522	827476.867	9194292.644	3491.693	V_522
478	827461.168	9194376.363	3467.610	V_478	523	827476.531	9194292.083	3492.966	V_523
479	827463.863	9194374.196	3469.501	R_479	524	827478.428	9194295.883	3491.632	V_524
480	827444.134	9194388.052	3468.166	R_480	525	827469.205	9194285.969	3498.551	R_525
481	827436.788	9194383.720	3472.460	R_481	526	827465.003	9194304.19	3492.99	V_526
482	827452.590	9194372.258	3474.163	V_482	527	827462.935	9194301.062	3493.017	V_527
483	827457.377	9194363.757	3476.371	V_483	528	827462.745	9194300.39	3494.599	V_528
484	827471.791	9194355.057	3473.457	V_484	529	827452.92	9194293.694	3501.8	R_529
485	827477.862	9194358.571	3471.654	R20_485	530	827446.296	9194317.943	3495.327	V_530
486	827464.780	9194349.416	3478.620	R21_486	531	827446.035	9194317.644	3496.304	V_531
487	827482.621	9194342.746	3473.529	VIS_487	532	827448.201	9194320.96	3495.19	V_532
488	827482.299	9194342.340	3474.516	VIS_488	533	827436.336	9194309.67	3503.185	R_533
489	827486.048	9194343.930	3473.403	VIS_489	534	827430.734	9194335.903	3497.582	V_534
490	827489.938	9194321.632	3477.062	VS_490	535	827428.65	9194333.087	3497.534	V_535
491	827494.813	9194322.933	3475.360	VS_491	536	827428.525	9194332.667	3498.838	V_536
492	827491.658	9194321.825	3475.425	VS_492	537	827423.062	9194329.901	3502.546	R_537
493	827502.696	9194307.164	3477.322	VS_493	538	827413.864	9194349.71	3501.185	V_538

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
539	827411.516	9194346.029	3503.117	V_539	584	827476.166	9194212.001	3516.181	R_584
540	827412.557	9194346.791	3500.887	V_540	585	827468.622	9194210.043	3520.886	V_585
541	827404.035	9194351.236	3502.902	V_541	586	827463.484	9194213.22	3521.023	V_586
542	827403.869	9194348.783	3504.620	V_542	587	827463.099	9194214.679	3521.945	V_587
543	827405.593	9194354.693	3503.022	V_543	588	827476	9194202.312	3516.057	R_588
544	827410.967	9194353.238	3501.693	R22_544	589	827464.205	9194203.858	3522.183	V_589
545	827405.528	9194323.410	3512.642	R23_545	590	827467.728	9194192.478	3520.028	R_590
546	827403.588	9194350.131	3503.212	V_546	591	827455.276	9194208.705	3523.152	V_591
547	827403.427	9194355.916	3503.406	V_547	592	827460.127	9194213.237	3522.514	V_592
548	827396.732	9194356.820	3504.271	V_548	593	827461.052	9194215.193	3523.175	V_593
549	827397.840	9194360.006	3504.168	V_549	594	827460.802	9194186.337	3522.878	R_594
550	827393.376	9194362.446	3504.534	V_550	595	827451.849	9194190.445	3529.93	R_595
551	827378.458	9194367.201	3508.491	R_551	596	827444.845	9194203.353	3532.292	R_596
552	827392.722	9194351.103	3505.111	V_552	597	827454.785	9194207.998	3526.619	V_597
553	827390.983	9194351.826	3509.296	V_553	598	827455.303	9194227.285	3524.403	V_598
554	827401.682	9194348.777	3504.330	V_554	599	827459.474	9194202.669	3525.053	V_599
555	827378.211	9194353.980	3514.533	R_555	600	827451.324	9194225.461	3524.64	V_600
556	827409.143	9194338.886	3506.530	V_556	601	827450.797	9194225.008	3526.123	V_601
557	827404.523	9194336.293	3506.353	V_557	602	827441.243	9194220.394	3531.181	R_602
558	827391.535	9194330.297	3516.884	R_558	603	827442.418	9194241.418	3526.081	V_603
559	827403.012	9194335.092	3509.650	V_559	604	827440.47	9194237.793	3527.548	V_604
560	827412.427	9194322.331	3508.583	V_560	605	827433.168	9194232.395	3532.427	R_605
561	827411.243	9194322.365	3510.268	V_561	606	827443.14	9194242.564	3526.09	R26_606
562	827415.745	9194323.501	3508.446	V_562	607	827421.905	9194229.45	3538.136	R27_607
563	827403.419	9194315.683	3516.263	R_563	608	827419.34	9194220.169	3541.187	K_608
564	827426.905	9194300.655	3510.589	V_564	609	827420.373	9194252.362	3529.437	VRD_609
565	827423.619	9194299.534	3510.789	V_565	610	827418.01	9194249.992	3529.563	VRD_610
566	827422.730	9194299.011	3512.389	V_566	611	827417.781	9194249.219	3530.731	VRD_611
567	827412.139	9194293.210	3519.105	R_567	612	827405.988	9194240.974	3539.343	R_612
568	827438.472	9194277.550	3513.144	V_568	613	827402.328	9194267.083	3531.474	V_613
569	827435.575	9194275.888	3513.266	V_569	614	827400.564	9194264.467	3531.54	V_614
570	827435.462	9194275.438	3514.551	V_570	615	827400.218	9194263.866	3532.751	V_615
571	827422.866	9194269.408	3521.657	R_571	616	827392.99	9194263.059	3536.426	BM7_616
572	827453.532	9194254.873	3516.265	R_572	617	827388.109	9194282.784	3533.504	V_617
573	827450.785	9194253.166	3516.308	R_573	618	827386.072	9194280.869	3533.465	V_618
574	827449.339	9194252.674	3517.869	R_574	619	827385.819	9194280.221	3535.161	V_619
575	827443.102	9194249.648	3521.378	R_575	620	827370.265	9194303.318	3536.986	V_620
576	827463.800	9194235.841	3518.326	V_576	621	827368.371	9194299.674	3538.408	V_621
577	827461.509	9194233.851	3518.413	V_577	622	827368.491	9194300.36	3537.104	V_622
578	827459.855	9194232.955	3520.633	V_578	623	827351.605	9194323.42	3540.114	V_623
579	827469.019	9194235.990	3516.025	R24_579	624	827349.796	9194319.44	3542.102	V_624
580	827447.546	9194238.160	3525.662	R25_580	625	827349.798	9194320.553	3540.108	V_625
581	827468.600	9194221.485	3519.189	VRD_581	626	827334.063	9194334.738	3542.204	V_626
582	827464.719	9194221.781	3519.290	VRD_582	627	827335.837	9194337.333	3542.271	V_627
583	827464.313	9194221.558	3520.864	VRD_583	628	827333.862	9194333.217	3544.501	V_628

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
629	827322.508	9194343.698	3544.646	V_629	674	827386.364	9194201.746	3559.408	V_674
630	827322.381	9194343.017	3545.972	V_630	675	827374.59	9194196.727	3565.874	R_675
631	827322.367	9194348.821	3544.845	V_631	676	827397.651	9194182.034	3560.531	V_676
632	827319.782	9194339.025	3547.451	V_632	677	827393.614	9194180.8	3560.592	V_677
633	827315.330	9194352.011	3546.099	V_633	678	827392.516	9194180.214	3561.65	V_678
634	827315.529	9194336.693	3547.811	V_634	679	827385.344	9194177.252	3565.921	R_679
635	827315.489	9194336.778	3547.812	V_635	680	827403.696	9194160.263	3563.531	V_680
636	827312.109	9194356.660	3546.338	V_636	681	827399.248	9194159.624	3563.63	V_681
637	827309.857	9194345.102	3547.456	V_637	682	827397.684	9194159.443	3563.95	V_682
638	827300.945	9194366.402	3543.788	R_638	683	827412.987	9194167.625	3556.804	R_683
639	827298.637	9194355.528	3551.117	R_639	684	827412.548	9194167.424	3556.909	R30_684
640	827331.061	9194327.204	3549.291	V_640	685	827389.014	9194161.841	3567.909	R31_685
641	827307.096	9194346.523	3552.037	V_641	686	827412.037	9194151.506	3558.398	R_686
642	827327.317	9194324.683	3549.520	V_642	687	827396.74	9194154.948	3564.966	V_687
643	827313.089	9194336.487	3553.249	V_643	688	827396.067	9194155.447	3565.694	V_688
644	827334.173	9194313.584	3550.747	V_644	689	827403.884	9194152.025	3564.746	V_689
645	827323.277	9194327.744	3551.802	V_645	690	827400.139	9194146.687	3565.789	V_690
646	827337.198	9194315.133	3550.636	V_646	691	827403.212	9194137.915	3563.537	R_691
647	827332.844	9194313.772	3552.484	V_647	692	827391.374	9194148.502	3566.58	V_692
648	827345.045	9194301.053	3551.807	V_648	693	827394.046	9194154.035	3566.272	V_693
649	827341.713	9194299.838	3551.878	V_649	694	827394.546	9194135.368	3570.042	R_694
650	827340.564	9194299.359	3553.611	V_650	695	827386.236	9194142.189	3573.628	R_695
651	827329.790	9194298.375	3559.507	R_651	696	827388.021	9194148.968	3570.852	V_696
652	827315.412	9194316.315	3560.644	R_652	697	827388.044	9194148.966	3570.86	V_697
653	827299.717	9194336.110	3560.338	R_653	698	827384.347	9194166.276	3568.497	V_698
654	827346.410	9194301.608	3550.953	R28_654	699	827381.267	9194163.922	3568.703	V_699
655	827332.713	9194296.006	3559.056	R29_655	700	827380.092	9194162.993	3570.271	V_700
656	827350.863	9194282.646	3552.726	V_656	701	827370.265	9194181.31	3571.481	V_701
657	827348.187	9194281.015	3552.707	V_657	702	827367.427	9194177.661	3572.825	V_702
658	827347.646	9194280.725	3554.046	V_658	703	827367.882	9194178.075	3571.408	V_703
659	827335.707	9194276.866	3561.564	R_659	704	827357.077	9194195.636	3574.243	V_704
660	827361.249	9194257.128	3553.855	V_660	705	827357.146	9194186.336	3575.846	V_705
661	827358.402	9194255.739	3553.996	V_661	706	827357.161	9194187.777	3573.783	V_706
662	827357.947	9194255.345	3555.475	V_662	707	827349.649	9194198.123	3575.5	V_707
663	827342.212	9194245.052	3566.478	R_663	708	827349.58	9194198.152	3575.499	V_708
664	827372.075	9194241.287	3554.675	V_664	709	827356.221	9194181.735	3576.675	V_709
665	827368.932	9194239.664	3554.726	V_665	710	827346.404	9194189.97	3576.682	V_710
666	827368.473	9194239.264	3556.243	V_666	711	827355.103	9194188.642	3574.598	V_711
667	827352.999	9194231.591	3565.246	R_667	712	827337.594	9194209.059	3578.822	R_712
668	827383.371	9194219.730	3556.293	VIS_668	713	827350.479	9194178.764	3578.208	R_713
669	827380.304	9194218.455	3556.296	VIS_669	714	827344.035	9194190.668	3578.98	V_714
670	827379.769	9194218.076	3557.738	VIS_670	715	827335.67	9194189.838	3583.91	R_715
671	827365.433	9194211.864	3564.959	R_671	716	827363.879	9194160.862	3579.172	V_716
672	827390.780	9194203.101	3557.808	V_672	717	827339.244	9194176.068	3585.576	R_717
673	827387.336	9194201.912	3557.764	V_673	718	827360.315	9194160.126	3579.266	V_718

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
719	827348.151	9194176.660	3581.435	V_719	764	827304.856	9194175.819	3603.562	R_764
720	827359.893	9194159.979	3580.348	V_720	765	827307.832	9194176.157	3601.943	BM8_765
721	827370.190	9194144.783	3580.603	V_721	766	827301.647	9194202.603	3599.895	V_766
722	827367.007	9194143.567	3580.754	V_722	767	827298.815	9194201.337	3600.204	V_767
723	827366.288	9194143.819	3581.742	V_723	768	827298.127	9194201.166	3601.653	V_768
724	827348.576	9194154.843	3587.465	R_724	769	827292.891	9194197.2	3605.63	R_769
725	827366.301	9194143.787	3581.733	V_725	770	827285.099	9194226.616	3603.341	V_770
726	827373.763	9194128.396	3582.685	VIRF_726	771	827282.097	9194225.134	3603.61	V_771
727	827369.157	9194128.577	3583.882	VIRF_727	772	827281.302	9194225.121	3605.254	V_772
728	827369.415	9194128.627	3582.893	VIRF_728	773	827276.128	9194220.335	3609.586	R_773
729	827380.254	9194130.634	3578.466	R_729	774	827268.908	9194244.458	3605.87	V_774
730	827381.920	9194117.409	3578.772	R32_730	775	827267.125	9194242.056	3605.931	V_775
731	827360.867	9194120.105	3589.390	R33_731	776	827266.517	9194241.62	3607.394	V_776
732	827365.814	9194114.064	3585.678	V_732	777	827261.596	9194237.511	3611.593	R_777
733	827365.286	9194114.543	3586.952	V_733	778	827249.249	9194264.315	3608.875	V_778
734	827368.943	9194111.108	3585.749	V_734	779	827247.357	9194261.784	3608.867	V_779
735	827369.934	9194102.523	3582.360	R_735	780	827247.188	9194261.469	3610.045	V_780
736	827361.534	9194109.151	3587.214	V_736	781	827240.584	9194254.287	3615.273	R_781
737	827362.205	9194111.329	3587.925	V_737	782	827225.713	9194281.379	3613.47	V_782
738	827363.057	9194102.796	3587.411	V_738	783	827224.847	9194278.855	3613.415	V_783
739	827356.801	9194098.762	3588.053	V_739	784	827224.854	9194277.401	3614.693	V_784
740	827362.828	9194090.953	3583.771	R_740	785	827228.017	9194280.606	3612.854	R36_785
741	827352.625	9194108.023	3589.108	V_741	786	827223.275	9194266.75	3620.29	R37_786
742	827350.793	9194094.019	3587.990	R_742	787	827212.013	9194285.322	3616.428	VIS_787
743	827360.264	9194111.524	3588.269	V_743	788	827215.14	9194288.719	3614.684	VIS_788
744	827351.734	9194104.364	3592.127	VIRS_744	789	827212.298	9194286.358	3614.899	VIS_789
745	827362.136	9194113.042	3588.940	VIRS_745	790	827221.849	9194297.7	3609.283	R_790
746	827350.643	9194114.125	3594.745	VIRS_746	791	827206.229	9194279.501	3620.353	R_791
747	827359.770	9194126.126	3589.869	VIRS_747	792	827210.519	9194305.822	3610.165	R_792
748	827353.830	9194124.223	3590.065	VIRS_748	793	827193.66	9194312.936	3610.626	R_793
749	827352.597	9194123.900	3592.873	VIRS_749	794	827201.096	9194293.018	3618.482	V_794
750	827343.668	9194123.087	3597.299	R_750	795	827206.25	9194296.78	3615.983	ALC_795
751	827335.508	9194118.394	3601.884	R34_751	796	827201.513	9194294.434	3616.577	ALC_796
752	827360.819	9194127.905	3589.929	R35_752	797	827193.691	9194295.761	3617.836	V_797
753	827348.287	9194141.988	3591.650	VIC_753	798	827194.479	9194300.193	3617.879	V_798
754	827344.898	9194140.715	3591.904	VIC_754	799	827193.603	9194294.607	3618.847	V_799
755	827343.894	9194140.830	3593.661	VIC_755	800	827190.265	9194288.671	3622.723	R_800
756	827329.471	9194137.777	3600.296	R_756	801	827171.045	9194303.17	3620.178	V_801
757	827331.978	9194160.649	3593.933	V_757	802	827171.417	9194293.228	3624.803	V_802
758	827329.029	9194158.252	3594.131	V_758	803	827170.634	9194298.586	3620.377	V_803
759	827328.829	9194157.809	3594.974	V_759	804	827170.623	9194297.575	3622.296	V_804
760	827322.468	9194153.280	3599.322	R_760	805	827168.795	9194314.389	3614.401	R_805
761	827315.127	9194181.028	3597.225	V_761	806	827148.215	9194316.501	3615.793	R_806
762	827312.817	9194178.971	3597.306	V_762	807	827144.846	9194298.716	3627.877	R_807
763	827311.726	9194178.025	3599.240	V_763	808	827147.722	9194307.585	3622.012	R_808

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
809	827146.911	9194304.192	3622.049	R_809	854	826989.023	9194340.532	3643.571	V_854
810	827146.850	9194303.207	3623.515	V_810	855	826990.541	9194336.656	3643.81	V_855
811	827126.992	9194298.189	3630.430	R_811	856	826989.613	9194327.701	3645.241	V_856
812	827129.559	9194310.601	3623.230	V_812	857	826987.006	9194358.514	3640.906	R_857
813	827128.658	9194307.349	3623.062	V_813	858	827005.183	9194357.05	3634.758	R_858
814	827128.258	9194305.597	3627.004	V_814	859	827011.027	9194354.47	3634.235	R_859
815	827130.141	9194319.423	3617.013	V_815	860	826999.54	9194348.536	3638.457	R_860
816	827101.457	9194310.699	3626.642	V_816	861	826972.456	9194326.106	3647.625	V_861
817	827101.549	9194311.059	3625.386	V_817	862	826968.857	9194354.031	3645.938	R_862
818	827104.043	9194327.332	3617.616	R_818	863	826971.801	9194335.363	3646.566	V_863
819	827100.782	9194315.285	3625.274	V_819	864	826971.324	9194340.716	3646.732	V_864
820	827080.932	9194336.224	3620.565	R_820	865	826951.092	9194347.468	3651.849	R_865
821	827073.001	9194318.177	3630.841	V_821	866	826957.693	9194336.921	3649.287	V_866
822	827080.447	9194335.085	3621.012	R_822	867	826963.264	9194331.925	3648.924	V_867
823	827080.493	9194335.121	3620.995	R37_823	868	826940.392	9194333.025	3655.097	R_868
824	827072.373	9194318.308	3630.810	R38_824	869	826953.799	9194328.605	3650.894	V_869
825	827072.953	9194318.360	3630.813	R38_825	870	826953.279	9194328.711	3651.952	V_870
826	827066.011	9194335.815	3621.222	R_826	871	826959.59	9194328.556	3650.308	V_871
827	827072.123	9194320.901	3628.630	V_827	872	826941.943	9194311.998	3656.593	R_872
828	827072.414	9194319.985	3629.486	VIS_828	873	826957.664	9194320.384	3651.666	V_873
829	827073.041	9194324.019	3628.844	VIS_829	874	826957.273	9194320.292	3652.464	V_874
830	827041.575	9194336.399	3626.276	R_830	875	826963.149	9194323.814	3651.466	V_875
831	827066.516	9194311.929	3635.051	R_831	876	826970.565	9194319.843	3653.019	V_876
832	827052.312	9194312.124	3637.566	R_832	877	826961.133	9194305.768	3660.479	R_877
833	827049.255	9194321.068	3632.370	V_833	878	826984.462	9194318.266	3654.774	V_878
834	827050.935	9194317.285	3634.529	V_834	879	826997.512	9194327.864	3649.874	T_879
835	827050.484	9194318.071	3632.439	V_835	880	827002.085	9194329.454	3647.249	T_880
836	827036.491	9194323.437	3634.405	V_836	881	827002.45	9194328.966	3646.956	R39_881
837	827035.594	9194318.621	3636.614	V_837	882	826960.612	9194339.319	3648.931	R40_882
838	827035.600	9194319.858	3634.477	V_838	883	826976.162	9194315.12	3653.763	VMAN_883
839	827029.883	9194310.599	3642.332	R_839	884	826975.543	9194314.465	3655.553	VMAN_884
840	827023.753	9194328.995	3636.486	PA_840	885	826977.664	9194318.718	3653.962	V_885
841	827020.418	9194326.780	3636.776	PA_841	886	826988.844	9194312.905	3655.337	V_886
842	827019.780	9194325.982	3638.209	PA_842	887	826988.479	9194312.374	3657.287	V_887
843	827015.768	9194318.460	3642.492	R_843	888	826996.264	9194313.943	3656.045	V_888
844	827028.311	9194340.018	3631.241	R_844	889	826993.639	9194309.753	3656.207	V_889
845	827009.365	9194322.871	3642.988	MAN_845	890	826993.284	9194309.45	3657.905	V_890
846	827019.867	9194352.007	3636.358	R_846	891	826998.332	9194316.026	3653.876	BM9_891
847	827008.304	9194329.667	3642.311	R_847	892	827006.44	9194298.385	3658.141	V_892
848	827013.071	9194339.661	3639.049	V_848	893	827002.833	9194295.333	3658.305	V_893
849	827010.144	9194334.749	3640.622	V_849	894	827002.531	9194295.267	3659.203	V_894
850	827010.712	9194335.786	3639.037	V_850	895	827015.099	9194287.761	3659.504	V_895
851	827005.099	9194340.884	3640.555	V_851	896	827012.029	9194285.577	3659.44	V_896
852	827008.150	9194344.970	3640.092	V_852	897	827011.605	9194284.95	3660.317	V_897
853	827001.541	9194330.411	3642.780	R_853	898	826984.742	9194303.12	3663.129	R_898

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
899	827021.000	9194292.870	3656.047	R_899	944	827178.293	9194130.181	3677.681	R_944
900	826992.318	9194286.111	3664.670	R_900	945	827140.9	9194139.711	3691.023	R_945
901	827041.824	9194278.691	3658.301	R_901	946	827162.976	9194150.941	3683.186	V_946
902	827006.588	9194275.309	3665.336	R_902	947	827161.474	9194138.694	3684.657	V_947
903	827034.566	9194269.851	3663.174	V_903	948	827125.713	9194132.331	3694.13	R_948
904	827031.970	9194266.925	3663.048	V_904	949	827153.713	9194127.781	3685.869	V_949
905	827031.903	9194266.325	3663.825	V_905	950	827150.544	9194123.313	3686.282	R43_950
906	827023.737	9194256.220	3669.492	R_906	951	827139.586	9194134.36	3690.911	R44_951
907	827050.950	9194253.285	3665.649	V_907	952	827128.604	9194119.576	3690.272	VS_952
908	827048.265	9194250.443	3665.656	V_908	953	827130.073	9194114.748	3689.112	VS_953
909	827047.930	9194249.903	3666.611	V_909	954	827128.65	9194119.019	3689.138	VS_954
910	827040.979	9194240.421	3673.039	R_910	955	827132.704	9194108.613	3684.896	R_955
911	827058.312	9194259.637	3660.375	R_911	956	827109.898	9194107.895	3691.401	V_956
912	827065.959	9194229.110	3675.910	R_912	957	827109.664	9194108.16	3692.684	V_957
913	827077.692	9194243.163	3664.658	R_913	958	827110.719	9194104.006	3691.552	V_958
914	827072.990	9194234.742	3670.970	V_914	959	827115.445	9194095.453	3686.481	R_959
915	827073.607	9194239.086	3668.371	V_915	960	827101.842	9194116.904	3696.324	R_960
916	827072.343	9194236.003	3668.455	V_916	961	827106.445	9194090.458	3688.667	R_961
917	827086.251	9194225.086	3673.425	V_917	962	827092.425	9194111.098	3697.736	R_962
918	827089.914	9194228.532	3671.068	V_918	963	827096.386	9194100.916	3695.285	R_963
919	827087.538	9194225.754	3671.028	V_919	964	827098.921	9194096.386	3693.637	R_964
920	827100.445	9194233.731	3665.105	R_920	965	827096.553	9194099.26	3693.617	R_965
921	827101.650	9194204.179	3681.147	R_921	966	827077.409	9194092.228	3697.598	V_966
922	827116.144	9194224.143	3667.742	R_922	967	827077.913	9194090.806	3695.798	V_967
923	827107.621	9194210.993	3676.671	V_923	968	827079.453	9194087.865	3695.898	V_968
924	827110.627	9194214.534	3674.577	V_924	969	827070.947	9194104.444	3700.565	R_969
925	827108.331	9194211.750	3674.490	V_925	970	827083.776	9194078.141	3691.838	R_970
926	827127.036	9194194.648	3679.060	V_926	971	827049.237	9194096.854	3702.92	R_971
927	827131.207	9194197.792	3677.296	V_927	972	827068.205	9194071.752	3693.424	R_972
928	827129.078	9194194.934	3677.108	V_928	973	827058.853	9194083.977	3699.95	V_973
929	827121.580	9194184.581	3685.262	R_929	974	827061.324	9194080.113	3698.136	V_974
930	827138.267	9194201.589	3672.709	R_930	975	827060.177	9194083.172	3698.026	V_975
931	827141.529	9194189.432	3678.468	R41_931	976	827034.458	9194072.888	3703.083	V_976
932	827127.375	9194178.055	3686.479	R42_932	977	827036.353	9194068.105	3701.461	V_977
933	827137.878	9194165.857	3687.582	R_933	978	827035.185	9194071.604	3701.25	V_978
934	827152.352	9194175.857	3679.774	V_934	979	827018.659	9194091.457	3708.982	R_979
935	827149.207	9194173.806	3679.916	V_935	980	827044.363	9194054.625	3697.28	R_980
936	827148.911	9194173.603	3681.010	V_936	981	827034.651	9194045.97	3699.865	R45_981
937	827145.346	9194151.391	3688.971	R_937	982	827012.538	9194092.364	3710.604	R46_982
938	827163.797	9194177.959	3674.169	V_938	983	826993.911	9194080.325	3710.496	R4_983
939	827157.787	9194150.315	3684.852	V_939	984	827017.605	9194040.918	3702.113	R4_984
940	827157.995	9194150.358	3683.223	V_940	985	827007.563	9194053.423	3704.942	V_985
941	827175.522	9194153.248	3676.085	V_941	986	827006.156	9194057.403	3705.716	V_986
942	827154.274	9194137.140	3685.336	V_942	987	827006.236	9194057.322	3704.956	V_987
943	827154.126	9194137.509	3686.480	V_943	988	826988.037	9194047.05	3707.881	V_988

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
989	826990.673	9194043.183	3706.152	V_989	1034	826921.903	9193919.286	3712.622	R_1034
990	826988.407	9194046.156	3706.202	V_990	1035	826886	9193898.752	3720.586	R_1035
991	826979.120	9194062.302	3709.217	R_991	1036	826927.238	9193902.074	3713.317	R_1036
992	826994.536	9194032.543	3703.351	R_992	1037	826900.334	9193898.362	3718.424	V_1037
993	826969.350	9194056.365	3710.122	R_993	1038	826900.602	9193898.323	3718.072	V_1038
994	826982.033	9194025.831	3703.811	R_994	1039	826907.525	9193897.629	3716.912	V_1039
995	826976.471	9194039.559	3708.270	V_995	1040	826902.158	9193883.845	3716.939	V_1040
996	826978.389	9194034.497	3706.927	V_996	1041	826901.744	9193883.643	3717.801	V_1041
997	826977.376	9194038.511	3706.845	V_997	1042	826906.23	9193884.481	3717.046	V_1042
998	826952.490	9194057.564	3712.966	R_998	1043	826920.685	9193888.093	3713.98	R_1043
999	826954.613	9194034.448	3710.263	V_999	1044	826886.648	9193879.196	3720.212	R_1044
1000	826953.547	9194039.916	3710.381	V_1000	1045	826900.198	9193850.726	3721.042	R_1045
1001	826953.513	9194040.235	3710.685	V_1001	1046	826935.447	9193864.639	3712.114	R_1046
1002	826926.110	9194044.311	3716.208	R_1002	1047	826916.265	9193856.675	3717.894	R_1047
1003	826956.092	9194022.963	3708.110	R_1003	1048	826916.858	9193857.131	3717.047	R_1048
1004	826932.195	9194033.079	3713.926	V_1004	1049	826924.507	9193858.416	3715.603	V_1049
1005	826932.570	9194032.475	3713.044	V_1005	1050	826932.583	9193834.505	3718.216	V_1050
1006	826934.775	9194027.692	3712.946	V_1006	1051	826932.844	9193834.826	3717.508	V_1051
1007	826942.703	9194015.589	3709.822	R_1007	1052	826936.759	9193836.814	3717.478	V_1052
1008	826918.536	9194010.654	3715.520	V_1008	1053	826948.571	9193844.852	3711.771	R_1053
1009	826914.718	9194012.650	3715.558	V_1009	1054	826916.71	9193825.298	3722.019	R_1054
1010	826913.918	9194013.186	3716.132	V_1010	1055	826959.614	9193831.135	3712.216	R_1055
1011	826903.092	9194017.800	3719.557	CAM_1011	1056	826936.621	9193804.23	3723.983	R_1056
1012	826929.203	9194004.048	3712.077	R_1012	1057	826947.84	9193812.926	3720.803	V_1057
1013	826903.519	9193989.817	3717.996	V_1013	1058	826948.081	9193813.059	3719.587	V_1058
1014	826907.869	9193987.669	3717.906	V_1014	1059	826981.023	9193824.751	3715.123	R_1059
1015	826918.260	9193985.471	3715.019	R_1015	1060	826961.023	9193805.072	3720.297	ALC_1060
1016	826919.779	9193970.609	3715.187	R_1016	1061	826959.998	9193800.428	3720.473	ALC_1061
1017	826904.612	9193971.361	3719.044	V_1017	1062	826959.897	9193799.937	3721.002	ALC_1062
1018	826900.500	9193972.782	3719.117	V_1018	1063	826954.271	9193811.066	3719.647	V_1063
1019	826899.608	9193972.544	3720.172	V_1019	1064	826953.983	9193782.203	3725.565	R_1064
1020	826935.271	9193975.016	3712.858	R47_1020	1065	826967.741	9193779.164	3726.662	R_1065
1021	826898.941	9193966.133	3719.968	R48_1021	1066	826975.091	9193800.365	3721.822	V_1066
1022	826924.108	9193967.410	3714.191	R_1022	1067	826975.12	9193799.725	3722.956	V_1067
1023	826889.331	9193973.774	3722.521	R_1023	1068	826976.028	9193804.683	3722.176	V_1068
1024	826885.291	9193956.726	3721.826	R_1024	1069	826985.226	9193776.132	3728.214	R_1069
1025	826917.694	9193953.918	3713.644	R_1025	1070	826984.19	9193800.354	3722.904	V_1070
1026	826897.376	9193952.797	3718.612	V_1026	1071	826983.838	9193799.688	3724.155	V_1071
1027	826897.740	9193952.178	3717.613	V_1027	1072	826983.847	9193805.844	3722.871	V_1072
1028	826902.518	9193952.834	3717.498	V_1028	1073	827001.497	9193795.17	3725.694	V_1073
1029	826912.246	9193952.528	3715.289	BM10_1029	1074	827003.346	9193800.379	3723.62	V_1074
1030	826897.945	9193919.875	3717.489	V_1030	1075	827001.541	9193796.59	3723.611	V_1075
1031	826897.657	9193919.620	3718.663	V_1031	1076	827012.236	9193808.19	3721.76	R_1076
1032	826903.321	9193920.512	3717.450	V_1032	1077	827021.867	9193817.721	3718.05	R49_1077
1033	826884.847	9193924.363	3720.683	R_1033	1078	826987.68	9193757.481	3730.322	R50_1078

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
1079	827001.391	9193761.593	3728.656	R_1079	1124	827171.641	9193639.57	3728.972	V_1124
1080	827031.509	9193800.109	3718.691	R_1080	1125	827181.274	9193612.799	3731.11	R_1125
1081	827024.385	9193776.386	3724.917	V_1081	1126	827197.357	9193634.404	3729.831	V_1126
1082	827024.874	9193776.594	3724.207	V_1082	1127	827195.787	9193628.417	3729.402	V_1127
1083	827019.964	9193789.948	3724.279	V_1083	1128	827195.703	9193628.084	3729.482	V_1128
1084	827033.320	9193757.116	3724.796	V_1084	1129	827195.276	9193594.77	3730.872	R_1129
1085	827033.672	9193757.722	3723.535	V_1085	1130	827205.205	9193647.444	3728.659	R_1130
1086	827037.577	9193760.964	3723.517	V_1086	1131	827200.607	9193600.474	3730.447	CD_1131
1087	827055.121	9193769.589	3718.269	R_1087	1132	827227.77	9193640.9	3728.316	R_1132
1088	827022.745	9193743.531	3727.502	R_1088	1133	827240.533	9193583.646	3732.275	CD_1133
1089	827073.533	9193746.591	3719.048	R_1089	1134	827252.099	9193605.432	3732.612	CD_1134
1090	827037.255	9193722.739	3727.956	R_1090	1135	827212.122	9193620.704	3729.497	CD_1135
1091	827053.377	9193733.304	3724.151	V_1091	1136	827221.351	9193625.238	3729.434	V_1136
1092	827054.102	9193733.683	3723.360	V_1092	1137	827218.834	9193619.876	3729.471	V_1137
1093	827057.231	9193736.123	3723.352	V_1093	1138	827252.377	9193615.249	3732.112	V_1138
1094	827090.513	9193746.196	3716.621	K_1094	1139	827252.348	9193615.641	3731.816	V_1139
1095	827075.984	9193709.749	3723.409	V_1095	1140	827252.497	9193621.699	3732.227	V_1140
1096	827073.261	9193706.354	3723.491	V_1096	1141	827260.084	9193641.387	3732.006	V_1141
1097	827072.896	9193705.825	3724.200	V_1097	1142	827271.514	9193610.702	3733.324	V_1142
1098	827092.124	9193727.959	3718.212	V_1098	1143	827267.907	9193607.897	3733.77	V_1143
1099	827060.855	9193692.525	3727.753	V_1099	1144	827273.139	9193614.425	3733.489	V_1144
1100	827101.767	9193713.459	3718.448	R_1100	1145	827280.967	9193631.311	3733.095	R_1145
1101	827071.424	9193677.921	3727.661	R_1101	1146	827274.737	9193620.319	3733.251	BM11_1147
1102	827090.958	9193693.070	3723.247	V_1102	1147	827282.868	9193541.49	3740.065	R_1147
1103	827088.798	9193689.484	3723.143	V_1103	1148	827272.295	9193526.772	3741.18	V_1148
1104	827088.532	9193689.156	3723.841	V_1104	1149	827274.939	9193524.938	3741.319	R_1149
1105	827093.117	9193664.745	3727.430	R_1105	1150	827533.383	9194509.429	3396.34	R-1150
1106	827103.840	9193679.904	3723.703	V_1106	1151	827442.145	9194478.755	3422.12	R-1151
1107	827103.717	9193679.434	3724.653	V_1107	1152	827427.266	9194468.147	3420.18	R_1152
1108	827117.674	9193648.282	3728.207	R_1108	1153	827106.259	9193683.513	3723.68	V_1153
1109	827135.176	9193681.293	3722.743	R_1109	1154	827028.424	9193778.99	3724.2	V_1154
1110	827126.432	9193664.274	3726.136	V_1110	1155	827017.109	9193787.286	3724.3	V_1155
1111	827126.679	9193664.733	3725.238	V_1111	1156	827015.987	9193785.866	3725.45	V_1156
1112	827129.020	9193668.777	3725.295	V_1112	1157	827263.826	9193600.184	3733.543	CE_1157
1113	827144.875	9193654.126	3727.775	V_1113	1158	827276.527	9193588.715	3734.587	V_1157
1114	827145.022	9193654.491	3727.015	V_1114	1159	827264.64	9193572.429	3735.435	CE_1159
1115	827148.365	9193660.046	3727.315	V_1115	1160	827251.271	9193584.801	3733.047	CE_1160
1116	827136.718	9193636.545	3728.913	R_1116	1161	827277.898	9193597.709	3733.845	J_1161
1117	827157.959	9193671.889	3725.756	R_1117	1162	827285.427	9193601.934	3734.012	J_1162
1118	827158.780	9193623.298	3730.767	R_1118	1163	827279.943	9193590.027	3734.711	V_1163
1119	827179.215	9193663.535	3725.971	R_1119	1164	827284.977	9193579.382	3736.021	V_1164
1120	827155.776	9193609.504	3731.419	K_1120	1165	827282.663	9193577.705	3736.123	V_1165
1121	827166.320	9193599.962	3731.824	K_1121	1166	827286.226	9193580.104	3734.509	J_1166
1122	827174.140	9193644.296	3728.696	V_1122	1167	827294.349	9193584.457	3734.372	J_1167
1123	827172.109	9193640.244	3728.495	V_1123	1168	827302.673	9193577.141	3736.969	K_1168

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
1169	827287.591	9193576.926	3737.025	K_1169	1214	827298.974	9193461.274	3739.025	R_1214
1170	827286.949	9193567.407	3737.787	V_1170	1215	827284.337	9193443.712	3738.5	V_1215
1171	827281.507	9193575.208	3736.345	V_1171	1216	827282.861	9193443.53	3738.123	B_1216
1172	827282.196	9193567.211	3737.876	V_1172	1217	827268.681	9193441.776	3739.592	R_1217
1173	827266.510	9193566.885	3735.910	R_1173	1218	827289.772	9193444.384	3738.476	V_1218
1174	827280.319	9193560.764	3738.299	V_1174	1219	827290.38	9193444.459	3738.019	C_1219
1175	827285.323	9193557.810	3738.230	V_1175	1220	827290.559	9193444.481	3738.503	BT_1220
1176	827288.138	9193560.506	3737.546	K_1176	1221	827298.802	9193445.5	3738.043	R_1221
1177	827302.965	9193561.208	3737.253	K_1177	1222	827306.386	9193446.438	3737.257	R_1222
1178	827280.644	9193543.991	3739.990	V_1178	1223	827305.573	9193429.751	3737.215	R_1223
1179	827275.224	9193546.438	3740.015	V_1179	1224	827292.154	9193436.718	3738.256	BT_1224
1180	827261.901	9193553.594	3740.583	R_1180	1225	827291.966	9193436.816	3737.856	C_1225
1181	827293.581	9193535.358	3739.803	R_1181	1226	827291.589	9193437.012	3738.067	V_1226
1182	827267.464	9193531.203	3741.153	V_1182	1227	827285.416	9193438.275	3738.111	V_1227
1183	827254.165	9193538.227	3741.865	R_1183	1228	827284.244	9193425.862	3738.227	V_1228
1184	827272.605	9193526.468	3741.127	B_1184	1229	827284.486	9193425.643	3737.977	C_1229
1185	827286.566	9193520.853	3740.456	R_1185	1230	827284.58	9193425.587	3738.359	BT_1230
1186	827267.020	9193510.441	3742.650	V_1186	1231	827295.772	9193415.453	3737.351	R_1231
1187	827267.531	9193510.460	3742.311	CI_1187	1232	827280.241	9193429.476	3738.371	V_1232
1188	827267.949	9193510.477	3742.705	BT_1188	1233	827268.067	9193438.49	3739.608	R_1233
1189	827283.099	9193511.068	3741.006	R_1189	1234	827267.381	9193413.089	3738.499	V_1234
1190	827261.810	9193510.237	3742.609	V_1190	1235	827267.48	9193412.866	3738.45	C_1235
1191	827244.757	9193509.502	3744.512	R_1191	1236	827267.528	9193412.749	3738.524	BT_1236
1192	827268.630	9193490.556	3742.503	V_1192	1237	827273.706	9193398.8	3737.896	R_1237
1193	827269.417	9193490.637	3742.557	BT_1193	1238	827265.607	9193417.098	3738.512	V_1238
1194	827277.790	9193491.472	3742.137	R_1194	1239	827265.331	9193417.721	3738.312	B_1239
1195	827284.363	9193492.128	3741.814	R_1195	1240	827259.438	9193431.037	3739.652	R_1240
1196	827264.144	9193490.110	3742.601	V_1196	1241	827247.712	9193410.595	3739.25	V_1241
1197	827261.959	9193489.892	3742.807	B_1197	1242	827247.672	9193410.22	3738.891	C_1242
1198	827248.818	9193488.581	3743.233	R_1198	1243	827247.665	9193410.151	3739.45	BT_1243
1199	827266.678	9193477.908	3741.874	K_1199	1244	827246.161	9193396.065	3739.678	R_1244
1200	827255.501	9193472.920	3742.209	K_1200	1245	827248.206	9193415.22	3739.149	V_1245
1201	827271.957	9193469.774	3741.766	V_1201	1246	827248.215	9193415.304	3738.478	B_1246
1202	827275.688	9193471.659	3741.633	V_1202	1247	827249.878	9193431.108	3740.019	R_1247
1203	827276.055	9193471.844	3741.208	C_1203	1248	827226.955	9193412.63	3740.001	V_1248
1204	827276.173	9193471.889	3741.832	BT_1204	1249	827226.91	9193412.466	3740.679	T_1249
1205	827288.659	9193478.209	3740.432	R_1205	1250	827222.92	9193397.932	3740.983	R_1250
1206	827274.185	9193461.248	3741.065	K_1206	1251	827228.494	9193418.234	3740.015	V_1251
1207	827262.104	9193455.184	3741.503	K_1207	1252	827231.855	9193432.869	3740.825	R_1252
1208	827279.508	9193454.016	3739.669	V_1208	1253	827202.717	9193417.518	3740.199	V_1253
1209	827265.386	9193448.750	3740.204	R_1209	1254	827202.671	9193417.25	3739.781	C_1254
1210	827283.848	9193455.634	3739.551	V_1210	1255	827202.66	9193417.182	3740.634	T_1255
1211	827284.433	9193455.852	3739.334	C_1211	1256	827199.893	9193401.047	3741.611	R_1256
1212	827284.873	9193456.016	3739.717	BT_1212	1257	827203.541	9193422.321	3740.289	V_1257
1213	827291.617	9193458.531	3739.325	R_1213	1258	827203.578	9193422.537	3740.015	B_1258

(...continuación de tabla B.1)

Pto	Este	Norte	Cota	Descripción	Pto	Este	Norte	Cota	Descripción
1259	827206.077	9193437.105	3741.332	R_1259	1293	827100.053	9193444.297	3742.475	R_1293
1260	827185.100	9193421.256	3740.605	V_1260	1294	827101.819	9193456.81	3741.689	R_1294
1261	827185.040	9193420.904	3740.029	C_1261	1295	827080.79	9193442.657	3744.127	V_1295
1262	827184.973	9193420.512	3740.154	C_1262	1296	827080.689	9193442.106	3744.9	T_1296
1263	827184.959	9193420.431	3741.512	T_1263	1297	827075.962	9193429.861	3747.1	R_1297
1264	827182.304	9193403.419	3741.715	R_1264	1298	827081.485	9193446.434	3743.993	V_1298
1265	827185.805	9193425.363	3740.678	V_1265	1299	827081.518	9193446.612	3743.489	B_1299
1266	827185.812	9193425.408	3740.124	B_1266	1300	827085.525	9193461.331	3742.764	R_1300
1267	827188.181	9193439.220	3741.578	R_1267	1301	827059.595	9193449.018	3746.127	V_1301
1268	827160.526	9193426.319	3741.085	V_1268	1302	827059.483	9193448.543	3745.897	C_1302
1269	827160.511	9193426.254	3741.718	T_1269	1303	827059.457	9193448.436	3747.015	T_1303
1270	827157.006	9193410.219	3741.975	R_1270	1304	827055.622	9193439.166	3748.233	R_1304
1271	827161.383	9193430.233	3741.123	V_1271	1305	827054.877	9193431.861	3749.456	R_1305
1272	827161.397	9193430.297	3740.984	B_1272	1306	827060.136	9193451.675	3746.21	V_1306
1273	827163.138	9193438.242	3741.382	CE_1273	1307	827060.231	9193452.288	3745.897	R_1307
1274	827165.171	9193447.005	3741.744	R_1274	1308	827062.269	9193467.525	3745.807	R_1308
1275	827140.825	9193430.405	3741.423	V_1275	1309	827044.144	9193452.496	3747.547	V_1309
1276	827140.755	9193430.075	3740.979	C_1276	1310	827043.991	9193451.974	3748.613	T_1310
1277	827140.699	9193429.811	3741.843	T_1277	1311	827038.463	9193436.676	3751.673	R_1311
1278	827137.566	9193415.122	3742.526	R_1278	1312	827045.168	9193455.999	3747.312	V_1312
1279	827141.716	9193434.579	3741.567	V_1279	1313	827045.546	9193457.293	3746.721	R_1313
1280	827143.363	9193442.304	3741.774	R_1280	1314	827049.085	9193469.401	3745.019	R_1314
1281	827143.575	9193450.161	3741.874	R_1281	1315	827027.718	9193458.47	3749.618	V_1315
1282	827121.748	9193433.977	3741.729	V_1282	1316	827027.546	9193457.992	3750.417	T_1316
1283	827121.702	9193433.754	3741.964	T_1283	1317	827020.14	9193443.473	3753.345	R_1317
1284	827117.409	9193421.124	3743.201	R_1284	1318	827028.772	9193461.384	3749.615	V_1318
1285	827122.694	9193438.572	3741.807	V_1285	1319	827029.307	9193462.863	3748.749	R_1319
1286	827122.833	9193439.247	3741.923	B_1286	1320	827025.394	9193452.536	3751.641	BM12_1320
1287	827125.392	9193451.674	3742.006	R_1287	1321	827033.825	9193475.362	3746.845	R_1321
1288	827099.141	9193437.838	3743.315	V_1288	1322	827013.785	9193465.409	3750.306	V_1322
1289	827099.105	9193437.584	3743.879	T_1289	1323	827013.482	9193464.699	3751.289	T_1323
1290	827095.237	9193428.180	3744.413	R_1290	1324	827003.893	9193452.879	3755.479	R_1324
1291	827095.007	9193423.075	3745.166	R_1291	1325	827014.57	9193468.394	3750.315	V_1325
1292	827099.748	9193442.136	3743.084	V_1292	1326	827015.34	9193469.909	3749.276	R_1326
1293	827100.053	9193444.297	3742.475	R_1293	1327	827020.174	9193480.112	3747.124	R_1327

Fuente: Elaboración propia (2019).

ANEXO C: DATOS Y CÁLCULOS DE POLIGONAL ABIERTA

Tabla C.1.

Datos y cálculo de la poligonal abierta

Est.	Ang. horizontal			Azimut calculado			Ang. horizontal corregido			Azimut corregido			Distancia	Proyecciones		Corrección de proyecciones		Proyecciones corregidas		COORDENADAS	
	gra	min	seg	gra	min	seg	gra	min	seg	gra	min	seg		Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte
A																			828084.17	9195644.86	
1	208°	55'	01"	210°	56'	50"	208°	55'	02"	210°	56'	50"	37.69	-19.380	-32.321	0.0009	0.0015	-19.379	-32.319	828064.79	9195612.54
2	129°	25'	38"	239°	51'	52"	129°	25'	38"	239°	51'	52"	25.78	-22.295	-12.943	0.0006	0.0011	-22.294	-12.941	828042.50	9195599.60
3	241°	28'	58"	189°	17'	29"	241°	28'	59"	189°	17'	30"	63.27	-10.215	-62.439	0.0015	0.0026	-10.214	-62.437	828032.28	9195537.16
4	163°	05'	46"	250°	46'	28"	163°	05'	46"	250°	46'	28"	39.84	-37.622	-13.120	0.0010	0.0016	-37.621	-13.118	827994.66	9195524.04
5	154°	16'	55"	233°	52'	13"	154°	16'	55"	233°	52'	14"	47.38	-38.265	-27.934	0.0011	0.0019	-38.264	-27.932	827956.40	9195496.11
6	200°	28'	33"	208°	09'	08"	200°	28'	34"	208°	09'	09"	29.28	-13.816	-25.817	0.0007	0.0012	-13.815	-25.816	827942.58	9195470.30
7	129°	36'	26"	228°	37'	41"	129°	36'	26"	228°	37'	43"	45.99	-34.516	-30.399	0.0011	0.0019	-34.515	-30.398	827908.07	9195439.90
8	191°	38'	10"	178°	14'	07"	191°	38'	11"	178°	14'	08"	28.73	0.885	-28.717	0.0007	0.0012	0.885	-28.716	827908.95	9195411.18
9	161°	51'	51"	189°	52'	17"	161°	51'	51"	189°	52'	19"	121.51	-20.833	-119.715	0.0029	0.0050	-20.830	-119.710	827888.12	9195291.47
10	206°	08'	41"	171°	44'	08"	206°	08'	42"	171°	44'	10"	23.53	3.382	-23.288	0.0006	0.0010	3.383	-23.287	827891.51	9195268.19
11	167°	42'	46"	197°	52'	49"	167°	42'	46"	197°	52'	52"	39.61	-12.163	-37.700	0.0010	0.0016	-12.162	-37.699	827879.34	9195230.49
12	212°	03'	24"	185°	35'	35"	212°	03'	25"	185°	35'	37"	108.65	-10.591	-108.136	0.0026	0.0045	-10.588	-108.132	827868.76	9195122.35
13	205°	52'	24"	217°	38'	59"	205°	52'	25"	217°	39'	02"	62.74	-38.327	-49.678	0.0015	0.0026	-38.326	-49.676	827830.43	9195072.68
14	163°	43'	21"	243°	31'	24"	163°	43'	21"	243°	31'	27"	46.29	-41.432	-20.635	0.0011	0.0019	-41.430	-20.633	827789.00	9195052.05
15	130°	55'	44"	227°	14'	44"	130°	55'	44"	227°	14'	48"	61.32	-45.027	-41.628	0.0015	0.0025	-45.026	-41.625	827743.97	9195010.42
16	224°	21'	01"	178°	10'	28"	224°	21'	02"	178°	10'	31"	54.48	1.735	-54.455	0.0013	0.0022	1.736	-54.453	827745.71	9194955.97
17	150°	51'	01"	222°	31'	29"	150°	51'	01"	222°	31'	33"	61.63	-41.660	-45.423	0.0015	0.0025	-41.658	-45.420	827704.05	9194910.55
18	232°	22'	48"	193°	22'	30"	232°	22'	49"	193°	22'	34"	14.99	-3.468	-14.585	0.0004	0.0006	-3.468	-14.585	827700.58	9194895.96
19	141°	36'	07"	245°	45'	18"	141°	36'	07"	245°	45'	23"	45.96	-41.907	-18.872	0.0011	0.0019	-41.906	-18.870	827658.68	9194877.09
20	199°	47'	53"	207°	21'	25"	199°	47'	54"	207°	21'	29"	27.73	-12.744	-24.630	0.0007	0.0011	-12.744	-24.629	827645.93	9194852.46
21	148°	42'	30"	227°	09'	18"	148°	42'	30"	227°	09'	23"	25.37	-18.601	-17.251	0.0006	0.0010	-18.601	-17.250	827627.33	9194835.21
22	195°	15'	53"	195°	51'	48"	195°	15'	54"	195°	51'	53"	27.88	-7.622	-26.821	0.0007	0.0011	-7.622	-26.820	827619.71	9194808.39
23	137°	47'	27"	211°	07'	41"	137°	47'	27"	211°	07'	47"	50.10	-25.903	-42.890	0.0012	0.0021	-25.902	-42.888	827593.81	9194765.51
24	214°	37'	13"	168°	55'	08"	214°	37'	14"	168°	55'	13"	18.63	3.580	-18.281	0.0004	0.0008	3.580	-18.280	827597.39	9194747.23
25	193°	01'	01"	203°	32'	21"	193°	01'	02"	203°	32'	27"	30.95	-12.361	-28.373	0.0007	0.0013	-12.360	-28.371	827585.03	9194718.86
26	139°	42'	23"	216°	33'	23"	139°	42'	23"	216°	33'	29"	46.28	-27.569	-37.178	0.0011	0.0019	-27.568	-37.176	827557.46	9194681.68
27	194°	31'	23"	176°	15'	45"	194°	31'	24"	176°	15'	52"	91.96	5.992	-91.768	0.0022	0.0038	5.994	-91.764	827563.46	9194589.91

(...continuación de tabla C.1)

Est.	Ang. horizontal			Azimut calculado			Ang. horizontal corregido			Azimut corregido			Distancia	Proyecciones		Corrección de proyecciones		Proyecciones corregidas		COORDENADAS	
	gra	min	seg	gra	min	seg	gra	min	seg	gra	min	seg		Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte
28	208°	44'	35"	190°	47'	09"	208°	44'	36"	190°	47'	15"	38.93	-7.287	-38.245	0.0009	0.0016	-7.286	-38.243	827556.17	9194551.67
29	204°	10'	08"	219°	31'	44"	204°	10'	09"	219°	31'	51"	43.27	-27.540	-33.372	0.0010	0.0018	-27.539	-33.371	827528.63	9194518.30
30	172°	18'	46"	243°	41'	52"	172°	18'	46"	243°	41'	60"	34.83	-31.224	-15.432	0.0008	0.0014	-31.223	-15.431	827497.41	9194502.87
31	93°	28'	50"	236°	00'	38"	93°	28'	50"	236°	00'	46"	61.42	-50.923	-34.332	0.0015	0.0025	-50.922	-34.329	827446.49	9194468.54
32	149°	03'	23"	149°	29'	28"	149°	03'	23"	149°	29'	35"	21.96	11.149	-18.923	0.0005	0.0009	11.150	-18.922	827457.64	9194449.62
33	195°	11'	10"	118°	32'	50"	195°	11'	11"	118°	32'	58"	59.32	52.103	-28.348	0.0014	0.0024	52.104	-28.345	827509.74	9194421.27
34	192°	59'	41"	133°	44'	01"	192°	59'	42"	133°	44'	09"	64.64	46.702	-44.685	0.0016	0.0027	46.703	-44.682	827556.44	9194376.59
35	190°	50'	00"	146°	43'	42"	190°	50'	01"	146°	43'	51"	38.26	20.990	-31.991	0.0009	0.0016	20.991	-31.989	827577.43	9194344.60
36	268°	18'	34"	157°	33'	42"	268°	18'	35"	157°	33'	51"	39.84	15.206	-36.828	0.0010	0.0016	15.207	-36.826	827592.64	9194307.78
37	247°	20'	43"	245°	52'	17"	247°	20'	44"	245°	52'	26"	12.95	-11.822	-5.295	0.0003	0.0005	-11.821	-5.294	827580.82	9194302.48
38	165°	44'	21"	313°	13'	00"	165°	44'	21"	313°	13'	10"	59.62	-43.445	40.825	0.0014	0.0024	-43.443	40.827	827537.38	9194343.31
39	154°	48'	34"	298°	57'	21"	154°	48'	34"	298°	57'	31"	64.31	-56.269	31.137	0.0015	0.0026	-56.267	31.140	827481.11	9194374.45
40	28°	34'	18"	273°	45'	54"	28°	34'	18"	273°	46'	04"	32.64	-32.570	2.145	0.0008	0.0013	-32.569	2.146	827448.54	9194376.60
41	215°	25'	24"	122°	20'	12"	215°	25'	25"	122°	20'	22"	35.64	30.114	-19.066	0.0009	0.0015	30.115	-19.065	827478.66	9194357.53
42	170°	37'	58"	157°	45'	36"	170°	37'	58"	157°	45'	47"	45.31	17.148	-41.943	0.0011	0.0019	17.149	-41.941	827495.80	9194315.59
43	248°	36'	16"	148°	23'	34"	248°	36'	17"	148°	23'	45"	52.74	27.637	-44.915	0.0013	0.0022	27.638	-44.913	827523.44	9194270.68
44	285°	25'	54"	216°	59'	50"	285°	25'	55"	217°	00'	01"	11.01	-6.624	-8.790	0.0003	0.0005	-6.624	-8.790	827516.82	9194261.89
45	158°	47'	36"	322°	25'	45"	158°	47'	36"	322°	25'	56"	20.04	-12.219	15.885	0.0005	0.0008	-12.219	15.886	827504.60	9194277.77
46	192°	55'	35"	301°	13'	20"	192°	55'	36"	301°	13'	32"	47.68	-40.776	24.719	0.0011	0.0020	-40.774	24.721	827463.83	9194302.49
47	173°	10'	34"	314°	08'	56"	173°	10'	34"	314°	09'	08"	46.64	-33.461	32.485	0.0011	0.0019	-33.460	32.487	827430.37	9194334.98
48	114°	42'	41"	307°	19'	29"	114°	42'	41"	307°	19'	41"	33.59	-26.713	20.371	0.0008	0.0014	-26.712	20.372	827403.65	9194355.35
49	76°	27'	08"	242°	02'	10"	76°	27'	08"	242°	02'	22"	9.39	-8.296	-4.404	0.0002	0.0004	-8.295	-4.403	827395.36	9194350.95
50	195°	52'	14"	138°	29'	18"	195°	52'	15"	138°	29'	30"	17.64	11.691	-13.211	0.0004	0.0007	11.692	-13.210	827407.05	9194337.74
51	173°	38'	56"	154°	21'	32"	173°	38'	56"	154°	21'	45"	59.75	25.852	-53.867	0.0014	0.0025	25.854	-53.865	827432.90	9194283.87
52	217°	17'	40"	148°	00'	28"	217°	17'	41"	148°	00'	40"	65.35	34.622	-55.430	0.0016	0.0027	34.623	-55.428	827467.53	9194228.45
53	336°	38'	09"	185°	18'	08"	336°	38'	10"	185°	18'	21"	36.10	-3.339	-35.950	0.0009	0.0015	-3.338	-35.949	827464.19	9194192.50
54	135°	15'	14"	341°	56'	17"	135°	15'	14"	341°	56'	31"	44.77	-13.878	42.565	0.0011	0.0018	-13.877	42.567	827450.31	9194235.07
55	194°	01'	27"	297°	11'	31"	194°	01'	28"	297°	11'	45"	36.77	-32.708	16.807	0.0009	0.0015	-32.707	16.808	827417.60	9194251.87
56	186°	24'	09"	311°	12'	58"	186°	24'	10"	311°	13'	12"	21.81	-16.403	14.370	0.0005	0.0009	-16.402	14.370	827401.20	9194266.24

(...continuación de tabla C.1)

Est.	Ang. horizontal			Azimut calculado			Ang. horizontal Corregido			Azimut corregido			Distancia	Proyecciones		Corrección de proyecciones		Proyecciones corregidas		COORDENADAS	
	gra	min	seg	gra	min	seg	gra	min	seg	gra	min	seg		Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte
57	166°	41'	37"	317°	37'	08"	166°	41'	37"	317°	37'	22"	92.12	-62.093	68.054	0.0022	0.0038	-62.090	68.058	827339.11	9194334.30
58	107°	54'	26"	304°	18'	44"	107°	54'	26"	304°	18'	59"	22.58	-18.653	12.732	0.0005	0.0009	-18.652	12.733	827320.46	9194347.04
59	82°	32'	17"	232°	13'	10"	82°	32'	17"	232°	13'	25"	8.37	-6.617	-5.128	0.0002	0.0003	-6.617	-5.128	827313.84	9194341.91
60	205°	05'	38"	134°	45'	27"	205°	05'	39"	134°	45'	41"	31.17	22.135	-21.951	0.0007	0.0013	22.135	-21.950	827335.98	9194319.96
61	168°	04'	25"	159°	51'	05"	168°	04'	25"	159°	51'	20"	65.92	22.702	-61.887	0.0016	0.0027	22.703	-61.884	827358.68	9194258.07
62	196°	08'	37"	147°	55'	30"	196°	08'	38"	147°	55'	45"	51.76	27.481	-43.859	0.0012	0.0021	27.483	-43.857	827386.16	9194214.22
63	248°	56'	36"	164°	04'	07"	248°	56'	37"	164°	04'	23"	61.64	16.915	-59.273	0.0015	0.0025	16.916	-59.270	827403.08	9194154.95
64	265°	20'	02"	233°	00'	43"	265°	20'	03"	233°	00'	59"	9.17	-7.326	-5.518	0.0002	0.0004	-7.326	-5.517	827395.75	9194149.43
65	83°	23'	54"	318°	20'	46"	83°	23'	54"	318°	21'	02"	61.83	-41.093	46.204	0.0015	0.0025	-41.092	46.207	827354.66	9194195.64
66	104°	55'	14"	221°	44'	39"	104°	55'	14"	221°	44'	56"	14.19	-9.446	-10.584	0.0003	0.0006	-9.446	-10.584	827345.22	9194185.05
67	233°	21'	35"	146°	39'	53"	233°	21'	36"	146°	40'	10"	56.84	31.231	-47.490	0.0014	0.0023	31.233	-47.488	827376.45	9194137.57
68	259°	02'	13"	200°	01'	28"	259°	02'	14"	200°	01'	45"	30.28	-10.370	-28.445	0.0007	0.0012	-10.369	-28.444	827366.08	9194109.12
69	256°	16'	02"	279°	03'	42"	256°	16'	03"	279°	03'	59"	7.95	-7.850	1.253	0.0002	0.0003	-7.850	1.253	827358.23	9194110.37
70	145°	16'	02"	355°	19'	44"	145°	16'	02"	355°	20'	02"	17.29	-1.406	17.228	0.0004	0.0007	-1.406	17.229	827356.83	9194127.60
71	186°	52'	25"	320°	35'	46"	186°	52'	26"	320°	36'	04"	68.23	-43.305	52.723	0.0016	0.0028	-43.304	52.726	827313.52	9194180.33
72	159°	35'	38"	327°	28'	11"	159°	35'	38"	327°	28'	29"	77.36	-41.593	65.224	0.0019	0.0032	-41.591	65.227	827271.93	9194245.56
73	151°	32'	27"	307°	03'	49"	151°	32'	27"	307°	04'	07"	84.91	-67.748	51.179	0.0020	0.0035	-67.746	51.183	827204.18	9194296.74
74	189°	33'	18"	278°	36'	15"	189°	33'	19"	278°	36'	34"	99.96	-98.835	14.964	0.0024	0.0041	-98.832	14.968	827105.35	9194311.71
75	154°	45'	19"	288°	09'	34"	154°	45'	19"	288°	09'	53"	34.48	-32.760	10.749	0.0008	0.0014	-32.760	10.750	827072.59	9194322.46
76	232°	22'	36"	262°	54'	52"	232°	22'	37"	262°	55'	11"	40.88	-40.565	-5.038	0.0010	0.0017	-40.564	-5.037	827032.03	9194317.42
77	126°	49'	09"	315°	17'	29"	126°	49'	09"	315°	17'	48"	35.37	-24.879	25.138	0.0008	0.0015	-24.878	25.139	827007.15	9194342.56
78	103°	57'	16"	262°	06'	37"	103°	57'	16"	262°	06'	57"	49.21	-48.741	-6.750	0.0012	0.0020	-48.740	-6.748	826958.41	9194335.81
79	98°	12'	10"	186°	03'	53"	98°	12'	10"	186°	04'	13"	13.41	-1.418	-13.332	0.0003	0.0005	-1.417	-13.331	826956.99	9194322.48
80	222°	31'	11"	104°	16'	03"	222°	31'	12"	104°	16'	22"	38.27	37.087	-9.435	0.0009	0.0016	37.088	-9.433	826994.08	9194313.05
81	166°	47'	16"	146°	47'	14"	166°	47'	16"	146°	47'	34"	24.67	13.513	-20.644	0.0006	0.0010	13.513	-20.643	827007.59	9194292.40
82	168°	33'	43"	133°	34'	30"	168°	33'	43"	133°	34'	50"	61.13	44.285	-42.143	0.0015	0.0025	44.286	-42.140	827051.88	9194250.26
83	190°	59'	59"	122°	08'	12"	190°	59'	60"	122°	08'	33"	72.34	61.255	-38.488	0.0017	0.0030	61.257	-38.485	827113.14	9194211.78
84	216°	14'	52"	133°	08'	12"	216°	14'	53"	133°	08'	32"	58.87	42.958	-40.259	0.0014	0.0024	42.960	-40.257	827156.10	9194171.52
85	248°	28'	22"	169°	23'	04"	248°	28'	23"	169°	23'	25"	34.81	6.408	-34.210	0.0008	0.0014	6.409	-34.209	827162.51	9194137.31

(...continuación de tabla C.1)

Est.	Ang. horizontal			Azimut calculado			Ang. horizontal corregido			Azimut corregido			Distancia	Proyecciones		Corrección de proyección		Proyecciones corregidas		COORDENADAS			
	gra	min	seg	gra	min	seg	gra	min	seg	gra	min	seg		Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte		
86	187°	38'	49"	237°	51'	26"	187°	38'	50"	237°	51'	48"	66.95	-56.691	-35.613	0.0016	0.0027	-56.690	-35.610	827105.82	9194101.70		
87	169°	10'	49"	245°	30'	16"	169°	10'	49"	245°	30'	38"	109.29	-99.460	-45.305	0.0026	0.0045	-99.458	-45.300	827006.36	9194056.40		
88	218°	21'	05"	234°	41'	04"	218°	21'	06"	234°	41'	26"	34.76	-28.369	-20.093	0.0008	0.0014	-28.368	-20.092	826977.99	9194036.31		
89	129°	07'	10"	273°	02'	10"	129°	07'	10"	273°	02'	32"	37.14	-37.084	1.971	0.0009	0.0015	-37.083	1.972	826940.91	9194038.28		
90	139°	50'	46"	222°	09'	19"	139°	50'	46"	222°	09'	42"	57.00	-38.259	-42.250	0.0014	0.0023	-38.257	-42.248	826902.65	9193996.03		
91	172°	58'	17"	182°	00'	05"	172°	58'	17"	182°	00'	28"	67.80	-2.375	-67.757	0.0016	0.0028	-2.374	-67.754	826900.28	9193928.28		
92	151°	48'	08"	174°	58'	22"	151°	48'	08"	174°	58'	44"	44.61	3.904	-44.439	0.0011	0.0018	3.905	-44.438	826904.18	9193883.84		
93	120°	31'	09"	146°	46'	29"	120°	31'	09"	146°	46'	52"	97.97	53.672	-81.961	0.0024	0.0040	53.675	-81.957	826957.86	9193801.89		
94	213°	54'	52"	87°	17'	38"	213°	54'	53"	87°	18'	01"	35.89	35.849	1.690	0.0009	0.0015	35.850	1.692	826993.71	9193803.58		
95	215°	41'	24"	121°	12'	30"	215°	41'	25"	121°	12'	54"	35.40	30.277	-18.347	0.0009	0.0015	30.278	-18.346	827023.98	9193785.23		
96	165°	28'	26"	156°	53'	55"	165°	28'	26"	156°	54'	19"	26.43	10.368	-24.313	0.0006	0.0011	10.369	-24.312	827034.35	9193760.92		
97	157°	37'	04"	142°	22'	20"	157°	37'	04"	142°	22'	44"	87.04	53.135	-68.944	0.0021	0.0036	53.137	-68.941	827087.49	9193691.98		
98	157°	13'	33"	119°	59'	24"	157°	13'	33"	119°	59'	48"	135.32	117.198	-67.655	0.0032	0.0056	117.201	-67.649	827204.69	9193624.33		
99	238°	55'	25"	97°	12'	56"	238°	55'	26"	97°	13'	21"	62.55	62.055	-7.864	0.0015	0.0026	62.057	-7.862	827266.75	9193616.47		
100	228°	14'	53"	156°	08'	22"	228°	14'	54"	156°	08'	47"	52.24	21.126	-47.777	0.0013	0.0021	21.127	-47.775	827287.87	9193568.69		
101	129°	17'	55"	204°	23'	15"	129°	17'	55"	204°	23'	40"	72.25	-29.839	-65.796	0.0017	0.0030	-29.837	-65.793	827258.04	9193502.90		
102	249°	36'	21"	153°	41'	10"	249°	36'	22"	153°	41'	35"	75.05	33.260	-67.276	0.0018	0.0031	33.262	-67.273	827291.30	9193435.63		
103	237°	17'	48"	223°	17'	31"	237°	17'	49"	223°	17'	57"	36.75	-25.202	-26.745	0.0009	0.0015	-25.201	-26.743	827266.10	9193408.88		
104	186°	55'	40"	280°	35'	20"	186°	55'	41"	280°	35'	46"	188.09	-184.882	34.586	0.0045	0.0077	-184.877	34.594	827081.22	9193443.48		
B	calculado			287°	30'	60"				287°	31'	26"	61.8426	-58.973	18.621	0.0015	0.0025	-58.971	18.624	827022.25	9193462.10		
sumatoria													5143.21	-1062.044	-2182.971	0.1235	0.2110	-1061.920	-2182.760				
B	dato	287°	31'	26"			287°	31'	26"				-1061.92	-2182.76					827022.25	9193462.10			
	Ea =	00°	00'	-26"			Ea: error angular						0.124	0.211	error en este (E) y norte (N)								
	Ta =	31"					Ta: tolerancia angular = $\pm x \sqrt{n}$						EI =	0.244	Error lineal = $\sqrt{(\text{error E} \cdot \text{error E} + \text{error N} \cdot \text{error N})}$								
	Ea < Ta	26"	<	31"			ok, procede la compensación						1/n =	1 : 21039	Precisión								
	Ca =	00.2523781"					Ca: compensación angular						TI =	1.076	Tolerancia lineal = $0.015 \sqrt{(\Sigma \text{distancias})}$								
							x: precisión del instrumento = 3"						Ea < Ta	0.244 < 1.076	ok, procede la compensación angular								
							n: número de vértices																

Fuente: Elaboración propia (2019).

ANEXO D: PLANO DE UBICACIÓN

ANEXO E: PLANOS PLANTA Y PERFIL

ANEXO F: PLANO DE SECCIÓN TÍPICA

ANEXO G: PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES