

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional De Ingeniería Civil**



**TESIS**

“Evaluación y comparación de las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023”.

Presentado por:

**Bach. CHRISTIAN JESUS, HUARNIZ VEGA**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Abancay – Apurímac - Perú**

**2024**

## **Tesis**

“Evaluación y comparación de las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023”.

### **Línea de Investigación:**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible.

### **Asesor**

Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS  
GEOMÉTRICAS DE LA TROCHA CARROZABLE PUENTE  
HUAYQUIPA – HUAYQUIPA, EMPLEANDO LA NORMATIVIDAD VIAL  
DE LOS PAÍSES ANDINOS-ABANCAY-2023”.**

Presentado por el Bach: **CHRISTIAN JESUS HUARNIZ VEGA**, para optar el  
título profesional de: **INGENIERO CIVIL.**

Sustentado y aprobado el 7 de febrero del 2024, ante el jurado:

<b>Presidente</b>	: Mag. Maldonado Mendivil Ángel
<b>Primer Miembro</b>	: Ing. Cayo Baca Holguer
<b>Segundo Miembro</b>	: Phd. Vásquez Ramírez Abbon Alex
<b>Asesor</b>	: Ing. Acosta Valer Hugo Virgilio

# Evaluación y comparación de las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos – Abancay –2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

10%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	biblioteca.udenar.edu.co:8085 Fuente de Internet	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
6	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%

## **DEDICATORIA**

Mi tesis se la dedico al uno,  
quien lo sabe todo y lo ve todo.  
A mi madre Clara Vega Zevallos  
y mi hermano Steve Fransua  
Huarniz Vega, por estar a mi lado  
en este camino de lucha y  
perseverancia. Muchas gracias  
de corazón.

**Christian Jesús Huarniz Vega**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme en este camino pedregoso, a mi madre Clara Vega Zevallos y mi hermano Steve Fransua Huarniz Vega.

A mi padre Santos Jesus Huarniz Farfan, por sus valores inculcados.

A mis tios Mariano Faustino Fanola Paredes y María del Pilar Vega Zevallos, por los ánimos y consejos recibidos.

A Yedith Fierro Contreras por acompañarme y apoyarme en este largo camino.

A la familia Vega Zevallos por ser un ejemplo en mi vida de constante lucha y perseverancia.

A mis amigos y su presencia en mi vida.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a cada uno de ustedes por su invaluable contribución en mi vida. Sus palabras, apoyo y estímulo me han guiado hasta este momento, y siempre los llevaré en mi corazón.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA .....	i
POS PORTADA.....	ii
PÁGINA DE JURADOS .....	iii
PÁGINA DE REPORTE DE SIMILITUD .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
ACRONIMOS .....	xviii
RESUMEN .....	xix
ABSTRACT .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	xxi
CAPITULO I.....	1
1. Planteamiento del Problema.....	1
1.1. Realidad Problemática .....	1
1.2. Planteamiento del Problema.....	4
1.2. 1. Formulación del Problema .....	5
1.2. 2. Problema General.....	5
1.2. 3. Problema específico.....	5
1.3. Justificación de la Investigación.....	6
1.4. Objetivos de la Investigación .....	7
1.4. 1. Objetivos Generales .....	7
1.4. 2. Objetivos Específicos.....	8

1.5.	Delimitación de la investigación .....	8
1.5. 1.	Espacial .....	8
1.5. 2.	Temporal.....	9
1.5. 3.	Social .....	9
1.5. 4.	Conceptual.....	9
1.6.	Viabilidad de la investigación (económica, social, técnica) .....	10
1.7.	Limitaciones .....	10
<b>CAPITULO II.....</b>		<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>Marco Teórico .....</b>	<b>12</b>
2. 1.	Antecedentes de la Investigación .....	12
2.1.1.	A Nivel Internacional .....	12
2.1.2.	A Nivel Nacional.....	15
2. 2.	Bases teóricas .....	20
2.2.1.	Clasificación de carreteras .....	20
2.2.2.	Índice medio diario anual (IMDA).....	35
2.2.3.	Vehículo de diseño.....	36
2.2.4.	Velocidad de diseño .....	37
2.2.5.	Distancia de parada .....	40
2.2.6.	Alineamiento horizontal.....	51
2.2.6.1.	Tramos tangentes .....	53
2.2.6.2.	Curvas circulares .....	56
2.2.6.3.	Radios mínimos y peralte.....	58
2.2.6.4.	Sobreechancho .....	68
2.2.7.	Alineamiento vertical .....	74
2.2.7.1.	Curvas verticales .....	75



2.2.7.2.	Longitud de curva convexa .....	78
2.2.7.3.	Longitud de curva cóncava .....	81
2.2.7.4.	Pendiente máxima .....	84
2.2.7.5.	Pendiente mínima.....	88
2.2.8.	Diseño transversal .....	89
2.2.8.1.	Ancho de calzada .....	91
2.2.8.2.	Berma .....	94
2.2.8.3.	Bombeo .....	98
2.2.8.4.	Peralte .....	100
2.2.9.	Información Hidrológica y Meteorológica .....	102
2. 3.	Marco conceptual .....	104
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>108</b>
<b>3.</b>	<b>Metodología de la Investigación .....</b>	<b>108</b>
3.1.	Hipótesis .....	108
3.1.1.	Hipótesis General.....	108
3.1.2.	Hipótesis Específicas .....	108
3.2.	Método .....	109
3.3.	Tipo de investigación .....	109
3.4.	Nivel o alcance de investigación .....	109
3.5.	Diseño de investigación .....	110
3.6.	Operacionalización De Variables .....	111
3.7.	Población, Muestra y Muestreo .....	113
3.7.1.	Población .....	113
3.7.2.	Muestra y muestreo .....	113
3.8.	Técnica e Instrumentos.....	114

3.8.1.	Técnica .....	114
3.8.2.	Instrumento .....	114
3.9.	Consideraciones Éticas.....	115
3.10.	Procesamiento estadístico.....	116
	<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>117</b>
<b>4.</b>	<b>Resultados Y Discusión .....</b>	<b>117</b>
4.1.	Resultados .....	117
4.2.	Discusión de resultados .....	238
4.3.	Prueba de hipótesis .....	243
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>246</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>249</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>250</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>258</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Denominación carreteras según las condiciones del terreno.....	37
<b>Tabla 2</b> Clasificación de carreteras y rango de velocidades de diseño según la demanda y el terreno DG-2018 .....	41
<b>Tabla 3</b> Clasificación de carreteras y rango de velocidades de diseño según la demanda y el terreno INVIAS.....	42
<b>Tabla 4</b> Clasificación de carreteras y rango de velocidades de diseño según la demanda y el terreno MTC-1997 .....	43
<b>Tabla 5</b> Distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño DG- 2018.....	44
<b>Tabla 6</b> Distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño CHILE-2022/ABC-2007 .....	45
<b>Tabla 7</b> Distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño INVIAS-2008.....	45
<b>Tabla 8</b> Distancia de visibilidad de parada en función de la pendiente INVIAS-2008.	41
<b>Tabla 9</b> Distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño MTC-1997 .....	45
<b>Tabla 10</b> Distancia de visibilidad de parada en función de la pendiente MTC-1997	46
<b>Tabla 11</b> Velocidad de diseño y deflexión máxima aceptable DG-2018 .....	47
<b>Tabla 12</b> Sobreelevación y tipo de terreno NEVI-2012.....	48
<b>Tabla 13</b> Longitudes máximas y mínimas de tramos tangentes DG-2018.....	49
<b>Tabla 14</b> Longitud mínima entre curvas del mismo sentido CHILE-2022 .....	50
<b>Tabla 15</b> Longitud mínima en función de la velocidad de proyecto y el tipo de terreno CHILE-2022.....	50
<b>Tabla 16</b> Longitud de máximas recomendables MTC-1997 .....	50
<b>Tabla 17</b> Tramos tangentes para rangos de velocidad de diseño INVIAS-2008 .....	51
<b>Tabla 18</b> Radio y velocidad de diseño en función del tipo de terreno DG-2018.....	54
<b>Tabla 19</b> Coeficiente de fricción en función de la velocidad específica .....	55
<b>Tabla 20</b> Radio mínimo para un peralte máximo de fricción máxima CHILE 2022 ...	56

<b>Tabla 21</b> Peralte en función de la velocidad específica INVIAS .....	56
<b>Tabla 22</b> Fricción máxima y velocidad VIALIDAD-2010.....	57
<b>Tabla 23</b> Peralte máximo y condiciones del terreno VIALIDAD-2010 .....	58
<b>Tabla 24</b> Relación entre peralte, velocidad y fricción VIALIDAD-2010 .....	58
<b>Tabla 25</b> Velocidad directriz y radios mínimos VIALIDAD-2010.....	59
<b>Tabla 26</b> Velocidad de diseño y radios mínimos NEVI-2012 .....	60
<b>Tabla 27</b> Elemento de curva y velocidad de diseño NEVI-2012 .....	60
<b>Tabla 28</b> Velocidad y peralte máximo CHILE-2022 .....	61
<b>Tabla 29</b> Velocidad, radios y pendiente según tipo de terreno CHILE-2022 .....	62
<b>Tabla 30</b> Radio, pendiente y velocidad específica CHILE-2022 .....	62
<b>Tabla 31</b> Velocidad de proyecto versus deflexiones totales CHILE-2022.....	63
<b>Tabla 32</b> Velocidad de proyecto y ángulo de deflexión CHILE-2022 .....	63
<b>Tabla 33</b> Velocidad de diseño y radio mínimo MTC-1997 .....	64
<b>Tabla 34</b> Sobre anchos para caminos en desarrollo CHILE-2022 .....	65
<b>Tabla 35</b> Categoría de vehículo y sus dimensiones DG-2018.....	67
<b>Tabla 36</b> Radio y velocidad de diseño NEVI-2012.....	69
<b>Tabla 37</b> Radio y ancho de canal MTC-1997.....	70
<b>Tabla 38</b> Velocidad de diseño y índice de curvatura VIALIDAD-2010.....	74
<b>Tabla 39</b> Velocidad de diseño y distancia de visibilidad de parada VIALIDAD-2010 ....	75
<b>Tabla 40</b> Velocidad y k de curvatura CHILE-2022 .....	76
<b>Tabla 41</b> Velocidad de diseño, distancia de visibilidad de parada y índice de curvatura .....	79
<b>Tabla 42</b> Velocidad de proyecto y kv de curvas cóncavas y convexas CHILE-2022 ...	81
<b>Tabla 43</b> Pendientes máximas DG 2018.....	82
<b>Tabla 44</b> Velocidad del tramo homogéneo versus el tipo de terreno INVIAS-2008.....	83
<b>Tabla 45</b> Velocidad de diseño y pendiente INVIAS- 2008.....	84
<b>Tabla 46</b> Pendiente en función a la altura media sobre el nivel del mar CHILE-2022.	85

<b>Tabla 47</b> Pendiente en función del tipo de terreno MTC-1997 .....	85
<b>Tabla 48</b> Velocidad de diseño y tipo de terreno INVIAS-2012 .....	90
<b>Tabla 49</b> Elementos horizontales y categoría de vía CHILE-2022 .....	91
<b>Tabla 50</b> Berma según categoría de carretera INVIAS-2008.....	94
<b>Tabla 51</b> Tipo de carretera y ancho de banquina VIALIDAD-2010.....	95
<b>Tabla 52</b> Tipo de superficie y bombeo DG-2018 .....	97
<b>Tabla 53</b> Tipo de superficie y bombeo INVIAS-2008 .....	97
<b>Tabla 54</b> Tipo de superficie y bombeo CHILE-2022 .....	98
<b>Tabla 55</b> Valores de radio que no son necesarios peraltes DG-2018 .....	99
<b>Tabla 56</b> Peralte máximo en función al tipo de terreno DG-2018 .....	99
<b>Tabla 57</b> Velocidad de diseño y rangos de radios de curvatura DG-2018 .....	99
<b>Tabla 58</b> Velocidad específica, peralte máximo, radio mínimo INVIAS-2008 .....	100
<b>Tabla 59</b> Valores kn para prueba de datos atípicos (council,1981).....	102
<b>Tabla 60</b> Operacionalización de variable independiente .....	109
<b>Tabla 61</b> Operacionalización de variable dependiente .....	110
<b>Tabla 62</b> Velocidad de diseño de los Países Andinos .....	117
<b>Tabla 63</b> Distancia de visibilidad de parada DG-2018 .....	117
<b>Tabla 64</b> Distancia de visibilidad de parada INVIAS-2008.....	121
<b>Tabla 65</b> Distancia de visibilidad de parada CHILE-2022.....	127
<b>Tabla 66</b> Distancia de visibilidad de parada NEVI-2012.....	132
<b>Tabla 67</b> Distancia de visibilidad de parada VIALIDAD-2010 .....	137
<b>Tabla 68</b> Distancia de visibilidad de parada MTC-1997.....	141
<b>Tabla 69</b> Radios DG-2018.....	145
<b>Tabla 70</b> Radios INVIAS-2008.....	148
<b>Tabla 71</b> Radios NEVI-2012 .....	151
<b>Tabla 72</b> Radios CHILE-2022.....	154

<b>Tabla 73</b> Radios VIALIDAD-2010 .....	158
<b>Tabla 74</b> Radios MTC-1997.....	161
<b>Tabla 75</b> Sobreanchos DG-2018 .....	163
<b>Tabla 76</b> Sobreanchos INVIAS-2008.....	165
<b>Tabla 77</b> Sobreancho VIALIDAD-2010 .....	168
<b>Tabla 78</b> Sobreanchos MTC-1997 .....	169
<b>Tabla 79</b> Longitud de curva convexa DG-2018 .....	170
<b>Tabla 80</b> Longitud de curva cóncava DG-2018 .....	173
<b>Tabla 81</b> Longitud de curva cóncava NEVI-2012 .....	176
<b>Tabla 82</b> longitud de curva convexa NEVI-2012 .....	179
<b>Tabla 83</b> Longitud de curva convexa INVIAS-2008 .....	183
<b>Tabla 84</b> Longitud de curva cóncava INVIAS-2008.....	187
<b>Tabla 85</b> Longitud de curva convexa CHILE-2022 .....	191
<b>Tabla 86</b> Longitud de curva cóncava CHILE-2022 .....	195
<b>Tabla 87</b> Longitud de curva cóncava VIALIDAD-2010 .....	199
<b>Tabla 88</b> Longitud de curva convexa VIALIDAD-2010 .....	201
<b>Tabla 89</b> Longitud de curva convexa MTC-1997 .....	204
<b>Tabla 90</b> Longitud de curva cóncava MTC-1997.....	208
<b>Tabla 91</b> Pendientes máximas y mínimas de la normatividad vial de los P. Andinos.	212
<b>Tabla 92</b> Estaciones meteorológicas .....	226
<b>Tabla 93</b> Precipitaciones mensuales-Tambobamba.....	227
<b>Tabla 94</b> Precipitaciones mensuales-Andahuaylas.....	228
<b>Tabla 95</b> Precipitaciones mensuales-Abancay .....	229
<b>Tabla 96</b> Distancia euclidiana de estaciones meteorológicas.....	230
<b>Tabla 97</b> Precipitación anual de estaciones meteorológicas .....	231
<b>Tabla 98</b> Resumen de precipitaciones anuales (mm/año) .....	232

<b>Tabla 99</b> Registro de precipitaciones anuales (mm/año).....	232
<b>Tabla 100</b> Determinación de datos atípicos.....	233
<b>Tabla 101</b> Anchos de calzada de los Países Andinos.....	234
<b>Tabla 102</b> Berma de los Países Andinos.....	234
<b>Tabla 103</b> Bombeo de los Países Andinos .....	235
<b>Tabla 104</b> Peralte de los Países Andinos .....	235

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ecuación de dp en DG-2018.....	47
<b>Figura 2</b> Ecuación alternativa de dp en DG-2018 .....	48
<b>Figura 3</b> Ecuación de dp de INVIAS-2008.....	48
<b>Figura 4</b> Ecuación de dp en primera componente de NEVI-2012 .....	49
<b>Figura 5</b> Ecuación de dp en segunda componente de NEVI-2012.....	49
<b>Figura 6</b> Ecuación de dp en función de la pendiente NEVI-2012 .....	49
<b>Figura 7</b> Relación de dvd y df VIALIDAD-2010 .....	50
<b>Figura 8</b> Ecuación de la dvd de VIALIDAD-2010.....	50
<b>Figura 9</b> Ecuación de df en MTC-1997 .....	51
<b>Figura 10</b> Ecuación de longitud recta en función de la velocidad VIALIDAD-2010 .....	49
<b>Figura 11</b> Ecuación de alineación en función de la vp CHILE-2022.....	52
<b>Figura 12</b> Elementos geométricos de curva horizontal DG-2018.....	52
<b>Figura 13</b> Elemento geométrico de curva horizontal INVIAS-2008 .....	53
<b>Figura 14</b> Elementos geométricos horizontales VIALIDAD-2010.....	53
<b>Figura 15</b> Ecuación de radio mínimo DG-2018 .....	54
<b>Figura 16</b> Ecuación de radio mínimo CHILE-2022 .....	55
<b>Figura 17</b> Relación de velocidad y fricción máxima VIALIDAD-2010.....	57
<b>Figura 18</b> Pendiente VIALIDAD-2010 .....	58
<b>Figura 19</b> Ecuación de radio mínimo en CHILE-2022.....	61
<b>Figura 20</b> Sobreanchos en DG-2018 .....	66
<b>Figura 21</b> Dimensiones de un vehículo INVIAS-2008.....	66
<b>Figura 22</b> Visualización de sobreanchos INVIAS-2008.....	67
<b>Figura 23</b> Ecuación de sobreancho INVIAS-2008 .....	68
<b>Figura 24</b> Ecuación de sobreanchos en función de número de carriles DG-2018.....	68
<b>Figura 25</b> Ecuación de la curvatura de curvas verticales DG-2018.....	72
<b>Figura 26</b> Curvas verticales cóncavas y convexas VIALIDAD-2010.....	73
<b>Figura 27</b> Longitud de curva vertical VIALIDAD-2010.....	74
<b>Figura 28</b> Longitud de curva vertical DG-2018.....	75
<b>Figura 29</b> Elemento de curva vertical convexa INVIAS-2008.....	77



<b>Figura 30</b> Longitud mínima INVIAS-2008.....	77
<b>Figura 31</b> Longitud de curva vertical convexa CHILE-2022.....	78
<b>Figura 32</b> Longitud de curva vertical cóncava CHILE-2022.....	78
<b>Figura 33</b> Longitud de curva cóncava DG-2018.....	79
<b>Figura 34</b> Longitud de curva cóncava INVIAS-2008 .....	80
<b>Figura 35</b> Ecuación de longitud de curva cóncava para $d_p > l_{min}$ INVIAS – 2008 .....	80
<b>Figuras 36</b> Longitud de curva vertical CHILE-2022 .....	81
<b>Figura 37</b> Distancia de visibilidad de parada DG-2018.....	121
<b>Figura 38</b> Distancia de visibilidad de parada INVIAS-2008 .....	126
<b>Figura 39</b> Distancia de visibilidad de parada CHILE2022 .....	131
<b>Figura 40</b> Distancia de visibilidad de parada NEVI-2012.....	137
<b>Figura 41</b> Distancia de visibilidad de parada VIALIDAD-2010 .....	141
<b>Figura 42</b> Distancia de visibilidad de parada MTC-1997 .....	145
<b>Figura 43</b> Radios DG-2018 .....	147
<b>Figura 44</b> Radios INVIAS-2008.....	150
<b>Figura 45</b> Radios NEVI-2012 .....	154
<b>Figura 46</b> Radios CHILE-2022 .....	158
<b>Figura 47</b> Radios VIALIDAD-2010.....	161
<b>Figura 48</b> Radios MTC-1997.....	163
<b>Figura 49</b> Sobreechancho DG-2018 .....	165
<b>Figura 50</b> Sobreeanchos INVIAS-2008 .....	168
<b>Figura 51</b> Pendiente NEVI-2012 .....	223
<b>Figura 52</b> Pendiente CHILE-2022 .....	223
<b>Figura 53</b> Pendiente DG-2018 .....	224
<b>Figura 54</b> Pendientes VIABILIDAD-2010 .....	224
<b>Figura 55</b> Pendiente INVIAS-2008.....	225
<b>Figura 56</b> Pendiente MTC-1997 .....	225
<b>Figura 57</b> Imagen satelital Huayquipa .....	230

## ACRÓNIMOS

OMS: *Organización Mundial de la Salud.*

CEPAL: *Comisión Económica para América Latina y el Caribe.*

PVPP: *Plan Vial Provincial Participativo*

IMDA: *Índice medio diario anual.*

DG-2018: *Diseño geométrico de carretera del Perú.*

INVIAS-2008: *Instituto nacional de vías de Colombia.*

NEVI-12: *Norma ecuatoriana vial.*

ABC-2007: *Administradora boliviana de carreteras.*

DNV-2010: *Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial.*

MTC-1997: *Normas para el Proyecto de Carreteras de Venezuela.*

MTC: *Ministerio de transportes y comunicaciones del Perú.*

UTM: *Sistema de coordenadas universal transversal de Mercator.*

INEI: *Instituto Nacional de Estadística e Informática.*

SENAMHI: *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*

AASTHO: *Association of State Highway and Transportation Officials.*

MDCNPBVT: *Manual de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito.*

GPS: *Sistema de Posicionamiento Global.*

IDW: *Método de ponderación inverso a la distancia.*

## RESUMEN

La tesis se centró en evaluar y comparar las características geométricas de la trocha carrozable Puente Huayquipa-Huayquipa, empleando las normativas viales de los Países Andinos-Abancay-2023. El objetivo es permitir proponer parámetros geométricos apropiados, considerando aspectos horizontales, verticales y transversales. Los resultados obtenidos evidenciaron discrepancias significativas entre las normativas de diferentes Países Andinos y el objeto de estudio, en términos de distancia de visibilidad de parada, radios de curvas horizontales, sobreanchos, pendientes y anchos de calzada. Esta tesis toma como base conceptual todas las delimitaciones correspondientes al manual de carretera: Diseño Geométrico DG- 2018, manual de Diseño Geométrico de carreteras INVIAS-2008 de Colombia, Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de Argentina-2010, Norma Ecuatoriana Vial-2012 (NEVI-12), manual de Carreteras 2022 de Chile, Normas para el Proyecto de Carreteras, MTC-1997 y el Manual de Diseño Geométrico-2007 de Bolivia.

En resumen, la tesis destacó las diferencias entre las normativas de los Países Andinos mediante una evaluación y comparación, y propuso parámetros geométricos que equilibran las diversas especificaciones para garantizar un adecuado y constituido diseño de la trocha carrozable Puente Huayquipa-Huayquipa.

**Palabras claves:** Diseño geométrico, berma, bombeo, vehículo de diseño, país Andino.

## ABSTRACT

The thesis was focused on evaluating and comparing the geometric characteristics of the Huayquipa-Huayquipa bridge carriageway, using the road standards of the Andean Countries, Abancay-2023. The objective is to propose appropriate geometric parameters, considering horizontal, vertical and transversal aspects. The results obtained showed significant discrepancies between the regulations of different Andean countries and the object of study, in terms of stopping sight distance, radii of horizontal curves, over-widths, slopes and roadway widths. This research takes as conceptual basis all the delimitations corresponding to the Road Manual: Geometric Design DG-2018, Geometric Design Manual of Roads INVIAS- 2008 of Colombia, Norms and Recommendations of Geometric Design and Road Safety of Argentina- 2010, Ecuadorian Norm Vial-2012 (NEVI-12), Manual of Roads 2022 of Chile, Norms for the Project of Roads, MTC-1997 and the Geometric Design Manual-2007 of Bolivia.

In summary, the research highlighted the differences between the regulations of the Andean countries through an evaluation and comparison, and proposed geometric parameters that balance the various specifications to ensure an adequate and well-constituted design of the Huayquipa-Huayquipa motorized roadway bridge.

**Key words:** Geometric design, berm, pumping, design vehicle, Andean country.

## INTRODUCCIÓN

El Gobierno del Perú tiene como objetivo primordial mejorar la calidad de las vías, disminuyendo las distancias y el tiempo de viaje. Las trochas carrozables en la provincia de Aymaraes poseen un porcentaje de 35.85% respecto a la red vial total provincial, encontrándose en mal estado 42 vías y en estado regular 34, la información del estado de transitabilidad se encuentra suscrito en el Plan Vial Provincial Participativo (PVPP, 2019).

La trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, se encuentra en el estado de transitabilidad regular, verificándose mediante estudio topográfico las deficiencias existentes de los elementos geométricos encontrados (in situ). Los elementos geométricos fueron evaluados y comparados con las diferentes normas viales de los Países Andinos, esta comparación se realizó partiendo de la premisa que la trocha carrozable se ubica en la cordillera de los Andes y que sus características orográficas se encuentran en toda su extensión superficial, esta extensión superficial abarca los países conocidos como Andinos (Perú, Chile, Colombia, Bolivia, Ecuador, Argentina y Venezuela) encontrándose que la trocha carrozable estudiada no cumple con los parámetros mínimos de diseño correspondiente a las diferentes normativas: DG-2018, NEVI-2012, INVIAS-2008, MTC-1997, CHILE-2022 , VIALIDAD-2010 y ABC-2007.

Entonces, se llegó a proponer parámetros de diseño (radio mínimo, pendiente, distancia de visibilidad de parada, ancho de calzada, peralte, bombeo, berma) correspondientes a este tipo de vías, aumentando de esta manera los estándares adecuados de calidad de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa.

## **CAPITULO I**

### **1. Planteamiento del Problema**

#### **1.1. Realidad Problemática**

(OMS, 2018), “la creación de infraestructura más segura es una estrategia para reducir la alta mortalidad en vías rurales en comparación con las vías urbanas. La falta de un diseño geométrico adecuado en trochas carrozables puede contribuir en esta problemática”. (CEPAL, 2021), “es cierto que se pueden encontrar deficiencias en la infraestructura de transporte que hacen que se requiera más tiempo para recorrer rutas específicas, como en el caso de carreteras o caminos que no cumplen con los estándares adecuados de calidad”.

(Gobierno del Perú, 2019), para el sector transporte en el Perú, este se comparó con países de ingreso medios altos, dado que estos países

presentan retos geográficos similares. El objetivo principal de la infraestructura de transportes es reducir los tiempos de desplazamiento entre dos puntos al mejorar la calidad de las vías, acortar las distancias y reducir los tiempos de viaje. (Gobierno Regional de Apurímac, 2016). En el futuro, es crucial contar con rutas vecinales adecuadas en zonas rurales. Apurímac ha visto un aumento en el ranking de competitividad por departamentos, y la mejora en la infraestructura de carreteras y transporte en general ha sido una parte importante de este aumento. Esto ha sido beneficioso al disminuir los costos de acceso a los mercados y ayudar a las comunidades económicamente desfavorecidas a comercializar sus productos en mercados regionales.

Las trochas carrozables según el manual de carreteras del Perú: Diseño Geométrico (2018) poseen baja transitabilidad vehicular, y dada estas características; este tipo de vías, no alcanzan las condiciones geométricas de una carretera. El IMDA se basa en la cantidad de vehículos menor a 200 que circulan por día y la medida de las calzadas debe tener un ancho mínimo de 4.00 m, si no es así, se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce como indica la norma cada 500 m. La república de Colombia mediante el Instituto Nacional de Vías goza de un documento técnico para el diseño de carreteras llamado: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS-2008, donde se clasifican las carreteras según su funcionalidad, dadas estas condiciones las trochas carrozables estarían contenidas en la denominación carreteras terciarias.

La Dirección Nacional de Vialidad — DNV posee un manual para el

diseño geométrico de carreteras de nombre: Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de Argentina- 2010, en cuya literatura no se encuentra el término de trocha carrozable; en cambio, a este tipo de vías se les denomina caminos locales (vecinales). La administración Boliviana de Carreteras-ABC tiene a su disposición el Manual de Diseño Geométrico-2007, cuyo contenido define las condiciones del diseño geométrico de carreteras y la clasificación de vías según categoría, teniendo la vía de menor categoría a los Caminos de Desarrollo.

La clasificación según categoría también es empleada por el Manual de carreteras, edición 2022 de la dirección de Vialidad-Ministerio de Obras Públicas de Chile, donde también la vía de menor clasificación son los Caminos de Desarrollo, estando sus directrices contenidas en el volumen N°3 de Instrucciones y Criterios de Diseño. En Ecuador el Ministerio de Obras Públicas a través de la Subsecretaría de Infraestructura del Transporte tiene a su disponibilidad para la realización de diseño geométrico de carreteras la Norma Ecuatoriana Vial-2012 (NEVI-12) cuyo contenido en el volumen N°2- Libro de normas para Estudios y Diseños Viales donde delimita las clasificaciones viales como : por capacidad vial, por jerarquía en la red vial, por condiciones orográficas, por número de calzadas y por función de la superficie de rodamiento. También se abordarán los lineamientos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Venezuela, empleando las “Normas para el Proyecto de Carreteras, MTC-1997” estando este vigente para la realización de proyectos viales.

En el Perú, la provincia de Aymaraes tiene un total de 1,718.443 km



de red vial provincial según el Plan Vial Provincial Participativo (PVPP, 2019),” De los cuales el 8.71% corresponde a una vía nacional que atraviesa la provincia de Aymaraes, cuya plataforma se encuentra a nivel de asfaltado; el 29.41% son carreteras afirmadas; el 26.03% son vías sin afirmar y el 35.85% son trochas carrozables”. De las 77 rutas vecinales registradas, 34 están en estado regular, 1 en estado bueno y 42 vías en mal estado”. El lugar de estudio está ubicado en la provincia de Aymaraes, distrito de Ihuayllo, tramo Pte Huayquipa-Huayquipa, cuyo tipo de vía correspondería a una trocha carrozable.

El distrito de Ihuayllo de la provincia de Aymaraes se encuentra a 3115 m.s.n.m con coordenadas UTM 14°07'59"E 73°16'07"N, es una zona orográficamente con pendiente pronunciada que cuenta con dificultad de acceso. La presencia de las precipitaciones pluviales fatiga la vía a nivel de subrasante, resultando en pérdidas de la sección de la carretera y pausa el servicio de transitabilidad, que afectan a 150 pobladores que radican en las comunidades de Huayquipa según el censo del INEI-2017.

Se evaluó todo el Tramo: puente Huayquipa-Huayquipa en el distrito de Ihuayllo, teniendo como problema el deficiente diseño geométrico de la carretera a nivel de trocha carrozable, para así mediante la comparativa con la normatividad vial de los países Andinos: Colombia, Ecuador, Bolivia, Chile, Argentina, Perú y Venezuela, poder tener una idea más amplia de los criterios tomados para un objeto de estudio ubicado sobre similares características orográficas que comparten dichos países, como lo es la Cordillera de los Andes.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

### **1.2. 1. Formulación del Problema**

La trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa cuyo código es (AP-794) con nombre Emp. PE-30 A (Pte. Huayquipa-Huayquipa), se encuentra en un estado de transitabilidad regular según el PVPP (2019), este estado de transitabilidad está condicionado, por condiciones mínimas de los elementos geométricos que requieren este tipo de vías, esto se debe a que los elementos geométricos no están de acuerdo con las directrices y normativas actuales; así como poco mantenimiento que recibe la vía para conservar el estado de los mismos; por tanto, es conveniente la evaluación y comparación de las características geométricas de la trocha carrozable Emp. PE-30 A (Pte. Huayquipa-Huayquipa), teniendo en cuenta que el camino vecinal se encuentra ubicado en la cordillera de los Andes, para los cuales los Países del grupo Andino comparten condiciones y problemas orográficos similares, teniendo en consideración lo detallado líneas arriba, para comparar con cada una de las normas de los países que tienen en común la cordillera de los Andes, este último se extiende superficialmente por siete países de América del Sur, los cuales son: Argentina-Chile, Bolivia-Perú- Ecuador-Colombia-Venezuela

### **1.2. 2. Problema General**

¿Cómo evaluar y comparar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa - Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, que permitirá proponer un diseño geométrico apropiado?

### 1.2. 3. Problema específico

- a) ¿Cómo se evalúa y compara las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, que permitirá proponer un diseño geométrico horizontal apropiado?
- b) ¿Cómo se evalúa y compara las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, que permitirá proponer un diseño geométrico vertical apropiado?
- c) ¿Cómo se evalúa y compara las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay -2023 geométrico transversal apropiado?

### 1.3. Justificación de la Investigación

Se evaluó y comparo las características geométricas de la Trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, se realizó con el propósito de que la información obtenida beneficie a las comunidades aledañas al objeto de estudio en investigado.

Una evaluación y comparación de las características geométricas tiene como pilar un correcto estudio topográfico, que da como resultado las características propias del terreno. La necesidad de un estudio exhaustivo de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa es importante para así conocer el estado de los elementos geométricos, y al mismo tiempo conocer si estos cumplen los requerimientos exigidos por las directrices de demanda

y orografía. El Manual de Carreteras del Perú: Diseño Geométrico, DG-2018 propone parámetros generales para trochas carrozables, pero dadas las características especiales de IMDA de la vía en estudio y poca información al respecto al estudio de este tipo de vías, nos da como conclusión la importancia de esta tesis; tanto para los pobladores del área de influencia como para el mundo académico.

El empleo de otras normativas nos brindó herramientas técnicas que complementarían el entendimiento de este tipo de vías, como lo son las trochas carrozables. Las normas que se utilizaron y el origen de estas no están alejadas de la realidad geográfica presente en la trocha carrozable puente Huayquipa- Huayquipa, dado que las características orográficas de la cordillera de los andes son similares en todos los países del grupo Andino.

La infraestructura vial precaria en el país tiene como consecuencia que el desarrollo de los pueblos tenga dificultades en la mejora de su calidad de vida, conociendo tal problemática concluimos que la realización de una evaluación de las características geométricas de una trocha carrozable para la construcción de nueva infraestructura vial, por lo que es substancial precisar cada parámetro geométrico obtenido en la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa.

Durante el desarrollo de la tesis se empleó el software Civil 3d cuya programación y realización se basa en un estudio vial, poseyendo instrumentos para el desarrollo de la evaluación geométrica de carreteras.

#### **1.4. Objetivos de la Investigación**

#### **1.4. 1. Objetivos Generales**

Evaluar y comparar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, propondremos un diseño geométrico apropiado.

#### **1.4. 2. Objetivos Específicos**

- a) Determinar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, propondremos un diseño geométrico horizontal apropiado.
- b) Determinar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, propondremos un diseño geométrico vertical apropiado.
- c) Determinar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, propondremos un diseño geométrico transversal apropiado.

#### **1.5. Delimitación de la investigación**

##### **1.5. 1. Espacial**

La tesis se encuentra dentro del área de influencia de la comunidad campesina de Huayquipa perteneciente al distrito de Ihuayllo, iniciando la vía a la altura del Km 375+250 del tramo de la interoceánica San Juan de

Marcona- Abancay a una altitud de 2458 m.s.n.m. La trocha carrozable estudiada conecta dos sectores y una comunidad campesina, el sector de puente de Huayquipa que inicia en la progresiva 0+000 hasta la progresiva 00+690; la zona denominada Patibamba que inicia con la progresiva 00+690 hasta la progresiva 01+481, terminando en la comunidad campesina de Huayquipa cuya progresiva es 08+000 hasta la progresiva 10+000, identificamos que la vía estudiada posee características que pertenecen a una trocha carrozable.

### **1.5. 2. Temporal**

Se procedió a realizar la evaluación de las características geométricas in situ en año 2023, esta evaluación constó con la recopilación de información mediante procedimientos topográficos en toda la vía de estudio, el análisis y publicación de los resultados se dará a conocer el año 2024.

### **1.5. 3. Social**

El área de influencia, los pobladores y/o comuneros residentes de los sectores denominados Patibamba, puente Huayquipa y Huayquipa, son los que reciben un mal servicio de transitabilidad debido al pésimo estado de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa. Las respuestas para solucionar los problemas presentes se encuentran en la tesis abordada.

### **1.5. 4. Conceptual**

La evaluación y la comparación de las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los países Andinos-Abancay-2023”, tomo como base conceptual todas las delimitaciones correspondientes al Manual de Carretera:

Diseño Geométrico (DG-2018), Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS-2008) de Colombia, Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de Argentina-2010, Norma Ecuatoriana Vial-2012 (NEVI-12), Manual de Carreteras 2022 de Chile, Normas para el Proyecto de Carreteras (MTC-1997) y el Manual de Diseño Geométrico-2007 de Bolivia.

#### **1.6. Viabilidad de la investigación (económica, social, técnica)**

La tesis es viable en el aspecto económico dado que su costo de ejecución estuvo al alcance del tesista. El conteo vehicular determinó el IMDA correspondiente que se llevó a cabo en una estación, la cual permitió manejar datos más cercanos a la realidad actual.

Esta tesis empoderará a las comunidades beneficiarias a mejorar su economía. Esta evaluación y comparación dará mayores alcances a los servicios de salud y mermarán las pérdidas que generaría una vía mal diseñada. El aspecto social cuyo desarrollo se verá mostrado en el aumento gradual de espacios de comunicación y vivencia entre los beneficiarios de la tesis, a los cual quedará en evidencia de la población los beneficios de la mejora y desarrollo de la infraestructura vial en su comunidad.

El desarrollo técnico asistido mediante software es de gran importancia puesto que, al introducir a este tipo de vías, como lo son las trochas carrozables a las nuevas tecnologías y técnicas de ingeniería nos dio un mayor entendimiento y comprensión al desarrollo de elementos geométricos necesarios para poder realizar investigaciones de la misma naturaleza.

### **1.7. Limitaciones**

Las limitaciones se presentaron a la hora de recolectar datos, dado que los tiempos de ejecución al realizar dichos trabajos fue mermado por las fuertes lluvias presentes en las temporadas de invierno, y el procesamiento mismo tomo tiempos considerablemente extensos, por lo que tuvimos que adaptarnos a la realización minuciosa del desarrollo y entendimiento de la tesis.

Las limitaciones presupuestales, conllevaron que el desarrollo de la tesis realizada requirió una inversión significativa en recursos financieros y tecnológicos.



## **2. Marco Teórico**

### **2. 1. Antecedentes de la Investigación**

#### **2.1.1. A Nivel Internacional**

(Garrido Murillo & Montoya Correa, 2020), en su investigación “Criterios de diseño, seguridad y operación geométrico en el diseño vertical de carreteras. Análisis comparativo entre los manuales de INVIAS (Colombia), ministerio de Fomento (España) y ASSHTO (EE. UU)”, tuvo como objetivo analizar de manera comparativa entre las normas sobre diseño geométrico de carreteras mencionadas, para ello realizó una revisión a cada uno de los manuales. Los hallazgos indican que la clasificación de vías del INVIAS es menos completa que la de la ASSHTO, esto se debe a que su clasificación no incluye algunas categorías de carreteras, como las secundarias, terciarias, primarias de dos calzadas y primarias de una calzada. Como resultado, la falta de esta clasificación detallada implica que se deben realizar más investigaciones, lo que podría resultar en esfuerzos adicionales para determinar los parámetros precisos necesarios para un diseño.

(Lema, 2020), en su investigación “Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en la comunidad de Calpaquí perteneciente a la provincia de Imbaburo”, el propósito principal es presentar una propuesta de diseño geométrico vial con el fin de mejorar la

movilidad en la comunidad de Calpaquí, ubicada en la provincia de Imbabura. Para lograr esto, realizó un análisis topográfico exhaustivo y un análisis de tráfico. El objetivo principal de estos análisis fue proporcionar información esencial para la planificación del diseño geométrico. Los hallazgos de estos estudios concluyeron que realizar un estudio de tráfico es esencial para comprender los volúmenes de tráfico proyectados que transitarán por esta carretera en el futuro, lo cual es crucial para determinar la clasificación adecuada de esta carretera.

(Rubén & Richar Jone, 2014), en su tesis “Diseño y controles geométricos de la carretera puente Río Alto Beni-puente cajón desvío Sapecho, departamento La Paz, provincia sur Yungas”, el objetivo principal es crear un diseño digital geométrico para la vía que unirá el puente Río Alto Beni con el desvío del puente Cajón Sapecho a nivel de la subrasante. Además, de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el Documento Base de Contratación (DBC), se busca llevar a cabo un control geométrico riguroso para garantizar la calidad. Para lograr esto, realizó un reconocimiento topográfico, que resultó en la necesidad de mantener un estricto control tanto en planimetría como altimetría durante el diseño geométrico.

(Teodocio, 2010), en su tesis “Diseño geométrico del mejoramiento vial Umacha- Ambama-Tramo II- sector 4”, el propósito fundamental consistió en desarrollar un Plan de Diseño Geométrico que sería implementado en la sección de la carretera que abarca desde Umacha hasta Ambana, específicamente en el Tramo II, Sector 4. Esta iniciativa tenía como objetivo

principal mejorar la fluidez del tráfico en esta área del proyecto y, en última instancia, beneficiar a las comunidades locales de Ambana y áreas cercanas dentro del Departamento de La Paz, aportando a su desarrollo socioeconómico, para tal fin realizo un levantamiento topográfico determinando y ubicando puntos de control con la ayuda de un GPS navegador de 12 canales y una estación total, llego a la conclusión que en la toma de datos el error por factor de escala y temperatura fue de 0.531m y que el levantamiento topográfico partió 25 m a cada lado del eje tentativo de la carretera.

(Cemino, 2016), en su tesis “Comparación de diseño geométrico de las normas de VN '67/80 y su actualización 2010 propuesta por la EICAM”, el objetivo de esta investigación es hacer una comparación entre las normas VN'67/80 y AVN'10 en cuanto al diseño geométrico de carreteras. El objetivo de este estudio es examinar una variedad de aspectos del diseño geométrico, y los hallazgos muestran lo siguiente: Las distancias visuales de detención establecidas en AVN'10 y VN'67/80 son idénticas. Sin embargo, se observa una diferencia en la forma en que se calculan la fricción longitudinal y el TPR (Tiempo de Percepción y Reacción). Las longitudes máximas y mínimas recomendadas por ambas normativas son idénticas, pero difieren en las longitudes mínimas. La fórmula empírica que se encuentra en la normativa AVN'10 se utiliza tanto para tramos entre curvas sucesivas del mismo sentido como para tramos entre curvas alternadas. Sin embargo, la norma VN'67/80 establece una longitud mínima específica para los segmentos entre curvas consecutivas y alternas. Ambas normas dan el mismo resultado al examinar

valores en curvas en el mismo sentido. No obstante, en las curvas en el sentido contrario, los valores varían notablemente, siendo aproximadamente la mitad en VN'67/80 en comparación con AVN'10. Es importante resaltar que según la norma AVN'10, el peralte máximo es igual al establecido en VN'67/80.

(Pinzón, 2021), en su tesis “Análisis de seguridad y señalización vial a partir de parámetros de diseño geométrico para vías rurales”, el objetivo principal de esta investigación es identificar los elementos geométricos del diseño de una infraestructura vial terciaria que pueden afectar significativamente la seguridad de los usuarios. Para lograr esto, se creó un programa computacional que evalúa la coherencia del diseño geométrico de una carretera que conecta el municipio de San Francisco con una pequeña presa en la quebrada Minchoy. Para cumplir con las normas INVIAS 2008, los parámetros de diseño contemplados incluyen una velocidad de diseño de 40 km/h, un ancho de carril de 3.5 metros y un peralte del 8%. Según los hallazgos del estudio, algunos parámetros de alineamiento horizontal no cumplen con el requisito de cumplimiento mínimo del 90 %, la longitud mínima de curvatura, que tiene un cumplimiento del 38%, el peralte mínimo según el método AASHTO, que tiene un cumplimiento del 77%, y la longitud mínima de espiral, que tiene un cumplimiento del 81%, se encuentran entre estos; además, la longitud de curvatura vertical es el único parámetro que no cumple con el porcentaje mínimo requerido, con un cumplimiento del 86%.

### **2.1.2. A Nivel Nacional**

(Naith Eliana & Diana Carolina, 2019), en su investigación “Normas de Estandarización de Diseño Geométrico de Trochas Carrozables para

Modificar la Norma del MTC a Través del Análisis de Estándares de Otros Países”, lo cual busco proponer una norma de estandarización de diseño geométrico de trochas carrozables, atreves del análisis de estándares de otros países, para modificar la norma del MTC, para ello realizo una revisión y análisis de los manuales de diseño geométrico de otros países como: Diseño de Caminos de Bajo Volumen (Etiopia-África), Manual de Carreteras(Chile), Manual de Diseño Geométrico de Carreteras(Colombia), Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2003 (Ecuador), Manual de Diseño Geométrico(Bolivia), Manual de Carreteras de Paraguay, Manual Básico de Caminos y Vías Vecinales(Brasil), Diseño de Carreteras(Australia) y AASTHO 2011-EE.UU. Llegando a la siguientes conclusiones: que para un IMDA menores a 50 veh/día y velocidades de diseño de 20 Km/h las características geométricas son las siguientes: ancho de calzada de 4.50, radio mínimo de 15 m, distancia de parada de 25 m, distancia de adelantamiento 100 m; para un IMDA entre 50-100 veh/día y velocidades de diseño de 30 Km/h las características geométricas son las siguientes: ancho de calzada de 5.50, radio mínimo de 15 m, distancia de parada de 25 m, distancia de adelantamiento 100 m; y finalmente para un IMDA entre 100-200 veh/día y velocidades de diseño de 40 Km/h las características geométricas son las siguientes: ancho de calzada de 6.50, radio mínimo de 45 m, distancia de parada de 35 m, distancia de adelantamiento 200 m. Indica que los resultados obtenidos deben incluirse como guía en las normas del DG-2018 por la inexistencia de criterios de diseño para este tipo de vías.

(Oscar Franz & Jamershon, 2023), en su investigación “Propuesta de

parámetros para el diseño geométrico de trochas carrozables bajo el enfoque de seguridad activa y normas internacionales, aplicado a la carretera Balconcillo- Cruce San Andrés, Cutervo”, el objetivo de este estudio, centrado en la seguridad activa, es establecer parámetros para el diseño geométrico de trochas carrozables. Para lograrlo, según las directrices del DG-2018, se han definido las características fundamentales de las trochas carrozables. Además, se llevó a cabo una revisión exhaustiva de manuales como MDCNPBVT, VLVLRL, Guía de práctica mejorada de carreteras cerradas 2 y LVRR para elegir y analizar las características pertinentes del diseño geométrico. Esta investigación concluye que los parámetros definidos para el diseño geométrico de trochas carrozables en DG- 2018 no existen en la actualidad; por lo tanto, ajustar la traza tanto en planta como en perfil para adaptarla al relieve del terreno es el principal enfoque de diseño.

(William Edwin, 2021), en su tesis “Influencia de las características geométricas de la carretera Catan-Yuracmarca del distrito de Jesús de la provincia de Cajamarca, en la seguridad vial”, el objetivo de esta investigación fue evaluar cómo las características geométricas de la carretera Catan-Yuracmarca afectan la seguridad vial. Para llevar a cabo la investigación, cada kilómetro de la vía se examinó minuciosamente para verificar y evaluar su consistencia geométrica, esto incluyó la determinación de características geométricas en términos de su diseño de planta, perfil y secciones transversales; Además, se utilizaron las ecuaciones de Fitzpatrick que se calibraron en función del radio de curvatura y la pendiente, para evaluar la consistencia geométrica de la carretera en función de las velocidades de

operación correspondientes al percentil 85, los resultados mostraron que la topografía de la carretera era predominantemente ondulada (tipoll), con 101 curvas horizontales, 102 tramos de tangencia y 109 curvas verticales; además, se encontraron curvas horizontales con radios de hasta 4,71 metros y pendientes extremadamente pronunciadas de hasta el 18,95%.

(Franklin Rene, Marco Antonio, & Fredy Elver, 2021), en su tesis “Diseño geométrico de la carretera de bajo volumen en la localidad de Sitabamba, la Libertad, 2021” El objetivo principal era crear un diseño geométrico para una carretera con un bajo volumen de tráfico para mejorar su accesibilidad y transitabilidad. Se realizó un levantamiento topográfico y un conteo de vehículos para implementar este diseño. Las siguientes conclusiones se derivaron de los procedimientos realizados: La longitud de la carretera es de 5.0 kilómetros y la velocidad máxima es de 20 km/h. Los radios se fijaron en 10 metros, 30 metros y 6 metros, respectivamente. Se estableció una pendiente máxima del 12%, y en ocasiones se permite una pendiente hasta del 15%.

(Santiago & Diego Paul, 2019), en su investigación “Propuesta de diseño geométrico en perfil para caminos de bajo volumen de tránsito de la provincia de Canta”, el objetivo de esta investigación es proponer estándares para las pendientes longitudinales que faciliten el diseño geométrico del perfil de carreteras de bajo volumen de tráfico, específicamente para vehículos típicos de la provincia de Canta. Para llevar a cabo esta investigación, se realizó un levantamiento topográfico para recopilar información sobre las

longitudes de las pendientes, según los hallazgos, los automóviles como el Fuso FA 917 y la Serie 500 de Hino que viajan a 20 km/h por las carreteras de la provincia de Canta pueden experimentar pendientes de hasta el 15% y no deben exceder los 100 metros de longitud.

(Wilde Renzo & Alexander Antonio, 2018), en su tesis “Propuesta de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la norma DG-2018 a fin de optimizar costos”, el objetivo principal de esta investigación es proponer nuevos parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables que cumplan con la normativa DG-2018 con el fin de optimizar los costos. Para realizar esta tarea se examinaron manuales y normas internacionales, Estos incluyeron los manuales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), las normas de la ASHTO (2011) y la guía de caminos extranjeros. Según los hallazgos del estudio, se recomienda seguir las pautas del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito del año 2005 para reducir costos en la construcción de manera efectiva. Se proponen anchos de vía de 7.00 metros, 6.50 metros, 5.5 metros y 4.50 metros; dependiendo del Índice de medio diaria anual (IMDA) y la velocidad de diseño, según (DG-2018) la normativa actual.

(Eusebio Kisei, 2020), en su tesis “Análisis del diseño geométrico de la trocha carrozable Huacho-Pampacancha, Quillo, Yungay, Ancash, con el manual de diseño geométrico 2018”, el objetivo de esta investigación verificar el cumplimiento de los elementos geométricos de diseño empleando el DG-201; para lograrlo, se realizó un levantamiento topográfico y se revisaron documentos sobre las variables de estudio, los hallazgos de la investigación



muestran que alrededor del 67% de los elementos geométricos examinados no cumplen con las especificaciones del DG-2018. Los elementos geométricos que presentan incompatibilidad en términos porcentuales en el diseño horizontal incluyen un 68% de radios, un 98% de tramos tangentes, un 100% de longitud de curvas horizontales y un 99 % de sobrecanchos. Se descubrió que el 14% de las pendientes y el 18% de la longitud vertical no eran compatibles con el diseño vertical. Finalmente; en el diseño transversal, se encontró que el 96 % de las calzadas y bermas, el 94 % de los peraltes, el 7 % del talud de corte y el 75 % del talud de relleno no cumplían con los estándares del DG-2018.

## **2. 2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Clasificación de carreteras**

Según el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018, las carreteras se clasifican por:

Clasificación por demanda:

- **Autopistas de Primera Clase**

Estas rutas tienen un alto volumen de vehículos, con un índice medio anual de más de 6,000 vehículos por día, estas carreteras tienen dos calzadas separadas por un separador central amplio de al menos seis metros. Estas calzadas deben tener al menos dos carriles con un ancho mínimo de 3.60 m cada uno. Estas carreteras tienen accesos controlados para la entrada y salida de vehículos y permiten un flujo de tráfico continuo sin intersecciones de nivel o cruces; además, se incluyen pasarelas peatonales en zonas

urbanas. Es crucial enfatizar que estas carreteras deben estar pavimentadas en su superficie de rodadura, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Autopistas de Segunda Clase**

Las carreteras mencionadas tienen un tráfico moderado y tienen un IMDA de 4,001 a 6,000 vehículos por día. Las carreteras tienen dos calzadas separadas por un separador central con un ancho que oscila entre 6.00 m y 1.00 m, lo que implica la instalación de un sistema de contención de vehículos. Cada calzada debe tener dos carriles con un ancho mínimo de 3.60 m. La entrada y salida de vehículos en estas carreteras están controladas parcialmente, lo que permite un flujo de tráfico continuo. Además, pueden incluir pasos de vehículos o cruces de nivel, así como puentes peatonales en áreas urbanas, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Carreteras de Primera Clase**

Estas carreteras tienen un nivel moderado de tráfico y un IMDA de 2,001 a 4,000 vehículos por día, estas carreteras son una sola calzada de dos carriles con un ancho mínimo de 3.60 m y pueden incluir cruces de nivel o pasos para vehículos en su diseño. Se recomienda encarecidamente que en áreas urbanas se instalen puentes peatonales o; en su defecto, dispositivos de seguridad vial para garantizar velocidades de operación más seguras, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Carreteras de Segunda Clase**

Estas carreteras tienen un bajo nivel de tráfico y un IMDA de 400 a 2,000 vehículos por día. Cada una de estas carreteras tiene una calzada de dos carriles con un mínimo de 3.30 m de ancho, y pueden tener cruces de nivel o pasos para vehículos en su diseño. Se recomienda encarecidamente en áreas urbanas la presencia de puentes peatonales o la instalación de dispositivos de seguridad vial para aumentar la seguridad y permitir velocidades de operación más seguras, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Carreteras de Tercera Clase**

El nivel de tráfico en estas carreteras es muy bajo, con un IMDA inferior a 400 vehículos por día, cada una de estas carreteras tiene una calzada de dos carriles con un ancho mínimo de 3.00 m y en situaciones anormales, es posible permitir carriles con un ancho de hasta 2.50 m, siempre y cuando se presente una justificación técnica adecuada, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Trochas Carrozables**

Estas carreteras son adecuadas para el uso, pero no cumplen con las características geométricas típicas de una carretera. Tienen un IMDA generalmente inferior a 200 vehículos por día y deben tener un ancho mínimo de 4.00 m de calzada, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Clasificación por orografía:

- **Terreno plano (tipo 1)**

Las inclinaciones cruzadas de estas carreteras no superan el 10% con respecto al eje de la carretera; además, su inclinación longitudinal generalmente es inferior al 3%, esto implica que no presentan grandes desafíos en su diseño y trazado, y que requieren un movimiento de tierras mínimo, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Terreno ondulado (tipo 2)**

Las inclinaciones transversales de estas carreteras oscilan entre el 11% y el 50% con respecto al eje de la carretera. Sus inclinaciones longitudinales oscilan entre el 3% y el 6%. Esto significa que necesitan un movimiento de tierra moderado, lo que permite carreteras con alineamientos rectos y curvas de radio amplios. En general, la señalización de estas carreteras no presenta problemas significativos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Terreno accidentado (tipo 3)**

Las inclinaciones transversales de estas carreteras oscilan entre el 51% y el 100% con respecto al eje de la carretera. Las inclinaciones longitudinales más comunes son del 6 al 8 %, esto implica que se requieren grandes movimientos de tierra, lo que resulta en dificultades significativas para el diseño y trazado de la vía, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Terreno escarpado (tipo 4)**

La carretera presenta inclinaciones laterales que superan el 100% y pendientes longitudinales excepcionales que superan el 8%, lo que requiere una gran cantidad de trabajo de excavación y presenta considerables desafíos en su diseño (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Según el manual de diseño geométrico de Bolivia y el manual de carreteras -2022 de Chile, las carreteras se clasifican en seis categorías divididas en dos grupos, las cuales son carreteras (autopistas, autorutas, carreteras primarias) y caminos (colectoras, locales, de desarrollo):

- **Autopistas**

Estas carreteras se construyeron inicialmente para cumplir con las especificaciones y niveles de servicio enumerados a continuación. Por lo general, se encuentran en áreas rurales donde no había suficiente infraestructura vial, lo que limitó las opciones de diseño. Además, estas carreteras están muy lejos de las áreas suburbanas que rodean las ciudades o pueblos. La sección transversal generalmente se compone de dos o tres carriles unidireccionales separados por una mediana de al menos 13 metros de ancho.

Las velocidades de diseño varían según el tipo de terreno: 120 km/h para terrenos planos o ligeramente ondulados, 100 km/h para terrenos con fuertes ondulaciones y 80 km/h para terrenos montañosos, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

- **Autorrutas**

Las carreteras existentes han sido ampliadas o se construirá una

segunda calzada que corre casi paralelo a la primera. En la mayoría de los casos, se encuentran en caminos que atraviesan corredores donde se encuentran extensas áreas con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, que se encuentran muy cerca de la franja de la carretera.

Las velocidades de proyecto consideradas son: 100-90 km/h para terreno llano a ondulado y 80 km/h para terreno montañoso, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

- **Carreteras Primarias**

Estas son carreteras con niveles significativos de tráfico, atendiendo tanto a vehículos de media y larga distancia como un gran porcentaje de tráfico de corta distancia en áreas densamente pobladas. Las velocidades de diseño contempladas son las mismas que las de las autopistas, lo que permite que estas carreteras puedan adquirir en el futuro las características de una autopista mediante la actualización de los estándares. La velocidad de diseño para carreteras de un solo sentido en terrenos planos o con fuertes ondulaciones es de 100 a 90 km/h, mientras que en terrenos montañosos es de 80 km/h. La velocidad de diseño para carreteras de dos sentidos en terrenos planos o con fuertes ondulaciones es de 100 a 90 km/h, mientras que en zonas montañosas se mantiene en 80 km/h, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

- **Caminos Colectores**

Estos son caminos que facilitan el desplazamiento a distancias cortas y medianas y conectan con numerosos caminos locales o vías de desarrollo, ofrecen un nivel de servicio equivalente tanto para el tráfico de paso como para las propiedades adyacentes. Se debe considerar la habilitación de pistas secundarias para la construcción de carriles para bicicletas en zonas densamente pobladas.

Estos caminos suelen tener una sección transversal con dos carriles bidireccionales, aunque en algunos casos pueden tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de diseño para terrenos llanos a moderadamente ondulados son de 80 km/h, 70 km/h para terrenos con fuertes ondulaciones y 60 km/h para terrenos montañosos, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

- **Caminos Locales**

Estos caminos son carreteras que se conectan con carreteras colectores y tienen principalmente como objetivo servir a las propiedades cercanas. La sección transversal planificada generalmente consta de dos carriles, y se consideran las siguientes velocidades de diseño: Para terrenos llanos a moderadamente ondulados 70 km/h, para terrenos con fuertes ondulaciones y para terrenos montañosos 60 km/h, y para terrenos montañosos 50-40 km/h, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

- **Caminos de Desarrollo**

Están diseñados para conectar áreas aisladas, permitiendo el paso de vehículos y animales de tracción. Sus características cumplen con los requisitos mínimos establecidos para las vías públicas y su función principal

es facilitar el tráfico, incluso a velocidades reducidas, de forma continua. En realidad, las velocidades de diseño mencionadas a continuación son valores de referencia que podrían reducirse en áreas problemáticas. Estos caminos deben tener una sección transversal que permita el paso de vehículos ligeros y camiones a velocidades tan bajas como 10 km/h, así como el cruce de dos camiones. Las velocidades de diseño recomendadas en terreno favorable son 50 a 40 km/h y 30 km/h en terreno complicado, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

Tal que cada categoría se subdivide según su velocidad de proyecto, esta subdivisión es:

- **Terreno llano**

Este tipo de carretera se caracteriza por tener amplias áreas sin obstáculos naturales significativos y una cantidad limitada de estructuras construidas por humanos, lo que permite la flexibilidad para elegir la ubicación del trazado utilizando muy poca infraestructura. Para reducir al mínimo la altura de los cortes y terraplenes, el terreno puede incluir suaves elevaciones en el perfil de la carretera. Como resultado, la pendiente de la carretera generalmente se mantendrá en un rango de más o menos 3% (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

- **Terreno ondulado**

Aunque no son muy significativos en términos absolutos, este tipo de carretera se caracteriza por un terreno con cambios frecuentes de altitud. Sin embargo, estos cambios son repetitivos, lo que requiere el uso frecuente de pendientes en diferentes direcciones, que pueden variar entre el 3 % y el 7 %



dependiendo de la categoría de la ruta. El relieve del terreno puede afectar significativamente el trazado en planta para evitar cortes y terraplenes de gran altura. Esto hace que sea más común utilizar componentes de infraestructura de bajo costo. La carretera se puede clasificar como Ondulado Medio, Ondulado Franco u Ondulado Fuerte según la magnitud de las elevaciones del terreno, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

- **Terreno montañoso**

Este tipo de ruta se encuentra en áreas montañosas o "cuestas", donde el trazado debe superar cambios de altitud significativos. El diseño de la carretera incluye pendientes sostenidas del 4 al 9 % dependiendo de la categoría de la carretera, ya sea ascendente o descendente. La planificación de la carretera está influenciada tanto por la naturaleza del terreno (como cañones profundos, picos, laderas con fuertes inclinaciones transversales, etc.) como por los desniveles que deben superarse, lo que ocasionalmente requiere curvas de retorno. En consecuencia, se emplean con frecuencia elementos de infraestructura mínima en este tipo de caminos, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

Según el manual de diseño geométrico de carreteras de Colombia-2008 las carreteras se clasifican.

Por funcionalidad:

- **Primarias**

Las conexiones troncales, transversales y de acceso a capital del Departamento son esenciales para conectar las principales áreas de

producción y consumo del país y de este con las demás naciones. Según las especificaciones particulares del proyecto, este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas. Los caminos considerados primarios deben estar pavimentados, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

- **Secundarias**

Se refieren a las carreteras que conectan las ciudades principales entre sí o que parten de una ciudad principal y se conectan con una carretera principal. Estas carreteras secundarias pueden estar pavimentadas o con superficie afirmada, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

- **Terciarias**

Se trata de carreteras que conectan áreas rurales con las ciudades principales o entre sí. Aunque generalmente tienen una superficie declarada, las carreteras terciarias deben cumplir con las condiciones geométricas establecidas para las carreteras secundarias si se pavimentan, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Por tipo de terreno:

- **Terreno plano**

Este tipo de camino tiene pendientes que se desvían del eje de la carretera en menos de cinco grados ( $5^\circ$ ). Trazar y preparar la superficie de la carretera es más fácil porque durante la construcción solo se requiere un pequeño movimiento de tierra. Las pendientes en las carreteras suelen ser inferiores al 3%, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

- **Terreno ondulado**

La pendiente de esta carretera es de seis a trece grados ( $6^\circ$  a  $13^\circ$ ) con

respecto al eje de la carretera. Se requiere un movimiento de tierra moderado durante la construcción, lo que permite trazados más o menos rectos sin problemas significativos. Las pendientes de la carretera generalmente oscilan entre el 3% y el 6%, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

- **Terreno montañoso**

En relación con el eje de la carretera, este tipo de camino presenta pendientes que oscilan entre trece y cuarenta grados ( $13^{\circ}$  -  $40^{\circ}$ ). La construcción de esta carretera generalmente implica movimientos significativos de tierra, lo que presenta desafíos significativos para el trazado y la preparación de la superficie de la carretera. Las pendientes en esta vía suelen oscilar entre el 6% y 8%, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

- **Terreno escarpado**

Este tipo de camino tiene pendientes que suelen ser más pronunciadas que 40 grados en relación al eje de la carretera. Durante la construcción, se produce un gran movimiento de tierras, lo que plantea desafíos significativos para el trazado y la preparación de la superficie de la carretera. Las divisorias de agua generalmente determinan los alineamientos de estas carreteras. Además, las pendientes a lo largo de estas carreteras suelen ser superiores al 8%, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Según la norma de proyectos de carreteras de Venezuela las carreteras se clasifican por:

Clasificación administrativa:

- **Troncales**

Estas carreteras son de gran importancia porque facilitan la

comunicación a nivel nacional y entre diferentes regiones del país. Los símbolos y las señales están estandarizados a nivel nacional, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

- **Locales**

Estas carreteras deben facilitar la conexión con las vías troncales, así como con ramales y subramales, ya que juegan un papel importante en la comunicación entre diferentes áreas dentro de una región. El estado controla su simbología y señalización, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

- **Ramales**

El objetivo principal de estas carreteras es conectar los centros locales que generan tráfico y dirigir ese tráfico hacia la red local o troncal. A nivel estatal, su simbología y señalización también están reguladas, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

- **Subramales**

Estas vías locales dirigen a áreas específicas como caseríos o centros con un tráfico limitado hacia redes viales de mayor importancia. Con frecuencia carecen de continuidad y su simbología y señalización están reguladas a nivel estatal, al igual que los ramales, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

Clasificación funcional:

- **Arterial**

Se refiere a una carretera en la que la mayoría de los vehículos pasan

por la zona en lugar de dirigirse específicamente a destinos locales, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

- **Colectora**

Esta es una definición de una carretera local o vía de acceso que tiene como objetivo principal reunir el tráfico que se origina en las áreas cercanas y dirigirlo hacia carreteras de mayor capacidad, como las arteriales, que conectan regiones más grandes, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

- **Local**

Esta es una definición de una carretera local o vía de acceso que se utiliza principalmente para brindar acceso a áreas residenciales, comerciales o industriales cercanas. El objetivo principal es conectarse directamente a los desarrollos o propiedades que están al lado de la carretera, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

Clasificación por su geometría:

- **Autopista**

Esto describe un camino de acceso controlado. Es una vía de alta capacidad diseñada para permitir el tránsito seguro y una alta velocidad. La característica principal es la división física continua entre los sentidos del tránsito, lo que significa que no hay cruces a nivel y que el acceso está estrictamente controlado a través de intercambios y salidas designados. Además, se menciona la existencia de un área de estacionamiento de emergencia, donde los vehículos pueden estacionarse en caso de

problemas, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

- **Vía expresa**

Esto se refiere a una vía de acceso limitado, similar a una autopista, pero con un control de acceso menos riguroso. La división física entre los sentidos del tránsito sigue siendo la característica principal, lo que mejora la seguridad al reducirla probabilidad de colisiones frontales. Sin embargo, en este caso, el control de acceso es parcial en lugar de total, y puede haber algunas aperturas ocasionales o conexiones con otras carreteras. Además, se menciona la presencia de un espacio para estacionar en caso de necesidad, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

- **Carreteras**

Se está describiendo una vía en la que el tráfico en ambas direcciones comparte la misma calzada porque no hay una división física entre los sentidos de tránsito. Para acomodar el flujo de tráfico en esta situación, la calzada puede tener más de un carril en cada dirección. Se recomienda colocar un alumbrado en cada lado de la calzada, especialmente en situaciones en las que se espera un alto volumen de tráfico. Además, se indica que los accesos deben cumplir con ciertos requisitos de visibilidad y espaciamiento según las normas, y que no se debe incluir un carril central con doble sentido de circulación, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

En Ecuador, la normativa de planificación y diseño de carreteras establece una serie de criterios para clasificar las vías. Estos criterios

incluyen su capacidad de tráfico (función TPDA), su posición en la red vial, las características topográficas de su área, la cantidad de calzadas disponibles y el tipo de superficie de rodadura. De todas las clasificaciones mencionadas nosotros empleamos las siguientes:

Por jerarquía de la red vial

- **Corredores Arteriales**

Las carreteras que establecen conexiones importantes a nivel continental se consideran de mayor importancia funcional. Estas carreteras conectan las capitales de las provincias, los principales puertos marítimos con las áreas orientales y los pasos fronterizos que se utilizan para viajes a largo plazo. Para garantizar una circulación segura y eficiente, estas carreteras deben cumplir con estándares geométricos rigurosos, así como una alta capacidad de tráfico, acceso limitado o controlado, restricciones en giros y maniobras, (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

- **Vías Colectoras**

Se trata de carreteras de jerarquía funcional intermedia que tienen como objetivo atraer tráfico de áreas rurales o regionales. Estas carreteras conectan las regiones rurales o regionales a través de carreteras locales con la red de carreteras principales. Para desempeñar su función principal, que es facilitar el tráfico de rutas intermedias o regionales, deben cumplir con estándares geométricos adecuados, (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

- **Caminos vecinales**

Las carreteras convencionales fundamentales que cubren todos los caminos rurales mencionados anteriormente se denominan estas carreteras. Están construidos para permitir el tráfico local en áreas rurales, áreas de protección agrícola y acceso a lugares turísticos (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

Por condiciones orográficas tenemos:

**Tabla 1**

*Denominación de carreteras según las condiciones del terreno*

TIPO DE RELIEVE	MAXIMA INCLINACION MEDIA
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

**Nota:** "i" es pendiente transversal

Según Vialidad-2010 y recomendaciones de diseño geométrico y seguridad vial de Argentina, orográficamente existen tres clasificaciones de terreno (llano, ondulado y montañoso).

- **Llano**

El eje del camino cruza entre 0 y 10 líneas de nivel de terreno de cinco metros de equidistancia, por kilómetro. El terreno plano o suavemente ondulado con alineamientos horizontal y vertical casi sin restricciones. Raramente es necesario adoptar valores mínimos de alineamiento. En su mayor parte, los caminos seguirán las líneas de nivel del terreno y los cálculos de corte y terraplén serán pequeños, (Vialidad Nacional, 2010).

- **Ondulado**



El eje del camino cruza entre 11 y 25 líneas de nivel de terreno de cinco metros de equidistancia por kilómetro. El terreno ondulado con bajos cerros introduce moderados niveles de elevaciones y caídas con algunas restricciones en el alineamiento vertical, (Vialidad Nacional, 2010).

- **Montañoso**

El eje del camino cruza más de 25 líneas de nivel de cinco metros de equidistancia por kilómetro. Rugoso, y montañoso con sustanciales restricciones en los alineamientos horizontal y vertical (Vialidad Nacional, 2010).

### **2.2.2. Índice medio diario anual (IMDA)**

Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

### **2.2.3. Vehículo de diseño**

El diseño geométrico de las carreteras se realizará de acuerdo con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y otras especificaciones establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos, de acuerdo con las regulaciones vigentes en Perú. Al elegir el vehículo de diseño, se debe tener en cuenta la composición del tráfico que utiliza actualmente la vía o se espera que lo haga en el futuro. Por lo general, las características del proyecto vial se ven

afectadas por la presencia significativa de vehículos pesados. Por lo tanto, los vehículos comerciales rígidos, que incluyen camiones y autobuses, serán los vehículos de diseño estándar, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Los vehículos que circulan por las carreteras tienen dos aspectos principales que afectan el diseño: su capacidad para alcanzar velocidades específicas y sus dimensiones. Distinguimos entre vehículos livianos y pesados en términos de dimensiones porque las dimensiones de estos vehículos, como longitud, ancho y altura, tienen un impacto significativo en una variedad de aspectos de la sección transversal de la carretera, incluidos los radios mínimos de giro y los requerimientos de ensanche de la calzada en curvas, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

El objetivo del diseño geométrico de una carretera es establecer una disposición que permita la circulación eficiente de vehículos tanto en términos de su movimiento a lo largo de la carretera como en términos de su posición dentro de la carretera en sentido horizontal. Para lograr esto, se elige el vehículo de diseño, que se utiliza como referencia durante el proceso de diseño, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Las variaciones significativas en tamaños y pesos de los vehículos son importantes en el proceso de diseño de carreteras. Esto da como resultado una variedad de categorías de vehículos. La composición del tránsito es la proporción de cada una de estas categorías de vehículos con respecto al tráfico total, (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

Se debe tener en cuenta la composición del tráfico y la cantidad de vehículos que requerirán radios de giro amplios al seleccionar el vehículo representativo. Es imprudente para una minoría de vehículos invertir en radios de giro grandes, ya que esto generaría gastos innecesarios y caos en el tráfico de vehículos más pequeños. Si estas maniobras son poco comunes para ellos, es preferible utilizar radios de giro que puedan acomodar a vehículos más grandes con ciertas dificultades. Dado que los vehículos largos deben invadir los carriles adyacentes para maniobrar en curvas, establecer radios de giro mínimos para vehículos más pequeños puede causar retrasos en el tráfico, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

#### **2.2.4. Velocidad de diseño**

La velocidad de diseño se determina como la velocidad máxima segura y cómoda que se puede mantener en una sección específica de la carretera cuando las condiciones son favorables para el diseño. La seguridad vial de los usuarios es la prioridad principal en la asignación de la velocidad de diseño. Por lo tanto, la velocidad de diseño de la ruta debe ser tal que los conductores no se vean sorprendidos por cambios bruscos o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden viajar de manera segura (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

#### **Tabla 2**

*Clasificación de carreteras y rango de velocidades de diseño según la demanda y el terreno DG-2018.*

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

Debido a la incorporación de nuevos conceptos de diseño, como la Velocidad Específica ( $V_e$ ) y la Velocidad Percentil 85 ( $V_{85\%}$ ), la Velocidad del Proyecto reemplaza a la Velocidad del Diseño. Además, se reconoce que una carretera generalmente tendrá tramos con un trazado más amplio que el mínimo requerido, lo que influye en la velocidad de los usuarios porque perciben una mayor amplitud en el diseño y tienden a aumentar su velocidad, (Administración Boliviana de Carreteras, 2007).

El diseñador debe identificar áreas homogéneas de la carretera donde las condiciones topográficas permitan asignar una misma velocidad. La VTR (Velocidad de diseño de tramo homogéneo) es la velocidad utilizada para establecer las características de los elementos geométricos en ese tramo, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

### Tabla 3

*Clasificación de carreteras y rango de velocidades de diseño según la demanday el terreno INVIAS*

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

La velocidad de diseño es la velocidad más segura que se puede alcanzar en condiciones favorables de clima y tránsito en un tramo de carretera específico con características muy uniformes. Todos los elementos del diseño, como la curvatura, el peralte y la visibilidad, se coordinan con esta velocidad. Debe cumplir con las expectativas de velocidad de la mayoría de los conductores en esa carretera específica (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

**Tabla 4**

*Clasificación de carreteras y rango de velocidades de diseño según la demanda y el terreno MTC-1997*

Terreno	AUTOPISTAS	CARRETERAS
Llano	100 - 130	90 - 120
Ondulado	60 - 120	60 - 100
Montañoso	70 - 100	30 - 60

*Nota* :Velocidades en Km/hora

En las secciones de carreteras con restricciones en su trazado, es necesario garantizar que la velocidad de proyecto ( $V_p$ ) sea adecuada a la categoría de la carretera para garantizar una operación segura y cómoda. Sin embargo, en las secciones de trazado más extensas, se debe tener en cuenta la velocidad  $V_{85\%}$  o  $V^*$ , según corresponda. Todos los elementos del tramo están conectados a estas velocidades y se espera que reflejen las

velocidades de desplazamiento que utilizará un gran número de usuarios en momentos de baja demanda, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

(Vialidad Nacional, 2010), es la máxima velocidad a la que puede transitar con seguridad, sobre una sección de camino, un conductor de habilidad media manejando un vehículo en buenas condiciones mecánicas, bajo condiciones favorables de: flujo libre, clima, visibilidad y calzada húmeda.

### 2.2.5. Distancia de parada

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), define que la distancia mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria.

**Figura 1**  
*Ecuación de  $D_p$  en DG-2018*

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

Dónde:

- $D_p$  : Distancia de parada (m)
- $V$  : Velocidad de diseño (km/h)
- $t_p$  : Tiempo de percepción + reacción (s)
- $a$  : deceleración en  $m/s^2$  (será función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

**Tabla 5**  
*Distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño DG-2018*

Velocidad de diseño	Distancia de percepción reacción	Distancia durante el frenado nivel (m)	Distancia de visibilidad de parada	
(km/ h)	(m)	(m)	Calculada (m)	Redondeada (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	93.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

(Ministerio de Obras Públicas, 2022), hace mención, el centro de su carril, un conductor debe tener al menos la visibilidad necesaria para detenerse ante un obstáculo inmóvil. El obstáculo se considera aquel que tiene una altura igual o superior a 0,20 metros y los ojos del conductor están a una altura de 1,10 metros sobre la superficie del carril.

**Figura 1**  
*Ecuación alternativa de  $D_p$  en DG-2018*

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 (r \pm i)} \quad (\text{ec. 3.202.2.1})$$

$D_p$  = Distancia de Parada (m)  
 $V$  =  $V_p$  o  $V^*$  Según lo definido en 3.201.302  
 $t_p$  = Tiempo de Percepción + Reacción (s)  
 $r$  = Coeficiente de Roce Rodante, Pavimento Húmedo  
 $i$  = Pendiente Longitudinal (m/m)  
+  $i$  Subidas respecto sentido de circulación  
-  $i$  Bajadas respecto sentido de circulación

**Tabla 6**  
*Distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño Chile-*

2022/ABC-2007

v	tp	r	dtp	df	Dp(m)	
					dtp+df	Adopt.
30	2	0.42	16.7	8.4	25.1	25
35						31
40	2	0,415	22.2	15.2	37.4	38
45						44
50	2	0.41	27.8	24	51.8	52
55						60
60	2	0,400	33.3	35.5	68.8	70
65						80
70	2	0 380	38.9	50.8	89.7	90
75						102
80	2	0,360	44.4	70	114.4	115
85						130
90	2	0 340	50	93.9	143.8	145
95						160
100	2	0,330	55.5	119.4	174.9	175
105						192
110	2	0 320	61.1	149	210	210
115						230
120	2	0 310	66.6	183	249.6	250
125						275
130	2	0 295	72.2	225.7	297.9	300

La distancia de visibilidad de parada en una carretera es la distancia que un conductor necesita para detener su vehículo antes de encontrar un obstáculo en su camino mientras conduce a la velocidad específica del elemento que se está evaluando en términos de distancia de visibilidad, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Figura 2**  
Ecuación de Dp de INVIAS-2008

$$D_p = 0.278 \times V_e \times t + 0.039 \times \frac{V_e^2}{a}$$

Donde:

- D<sub>p</sub>: Distancia de Visibilidad de parada, en metros.
- V<sub>e</sub>: Velocidad Específica del elemento sobre el cual se ejerce la maniobra de frenado (V<sub>CH</sub>, V<sub>ETH</sub>, V<sub>CV</sub> o V<sub>TV</sub>), en km/h.
- t: Tiempo de percepción – reacción, igual a 2.5 s.



**Tabla 7**

*Distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño  
INVIAS-2008*

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve	DISTANCIA PERCEPCIÓN N-REACCIÓN	DISTANCIA DURANTE EL FRENADO A	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA	
		NIVEL	CALCULADA	REDONDEA
(km/h)	(m)	(m)	(m)	DA (m)
20	13.9	4.6	18.5	20
30	20.9	10.3	31.2	35
40	27.8	18.4	46.2	50
50	34.8	28.7	63.5	65
60	41.7	41.3	83	85
70	48.7	56.2	104.9	105
80	55.6	73.4	129	130
90	62.6	92.9	155.5	160
100	69.5	114.7	184.2	185
110	76.5	138.8	215.3	220
120	83.4	165.2	248.6	250
130	90.4	193.8	284.2	285

**Tabla 8**

*Distancia de visibilidad de parada en función de la pendiente INVIAS-2008*

VELOCIDAD ESPECÍFICA Ve (km/h)	DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA (m) Dp					
	DESCENSO			ASCENSO		
	-3%	-6%	-9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	19	18	18
30	32	35	35	31	30	29
40	50	50	53	45	44	43
50	66	70	74	61	59	58
60	87	92	97	80	77	75
70	110	116	124	100	97	93
80	136	144	154	123	118	114
90	164	174	187	148	141	136
100	194	207	223	174	167	160
110	227	243	262	203	194	186
120	263	281	304	234	223	214
130	302	323	350	267	254	243

La distancia de visibilidad de parada se refiere a la distancia que un conductor necesita para detener su vehículo cuando se enfrenta a una situación de peligro o detecta un objeto inesperado en su camino. Los dos componentes de esta distancia son la distancia de percepción y reacción del

conductor,  $d_1$ , que es la distancia recorrida por el conductor desde que detecta el peligro hasta que pisa el pedal del freno, y la distancia de frenado,  $d_2$ . La primera es la distancia necesaria para detener el vehículo después de aplicar los frenos. El tiempo de reacción del conductor es el tiempo que transcurre desde que el conductor detecta un objeto o peligro en la carretera hasta que responde aplicando los frenos. Independientemente de su tipo, esta distancia es esencial en el diseño geométrico de las carreteras porque garantiza la seguridad de los conductores, considerando sus condiciones de alerta y capacidad de reacción, (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

La distancia de visibilidad de parada en su primer componente,  $d_1$ , se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, mediante la siguiente expresión matemática:

### Figura 1

*Ecuación de  $D_p$  en primera componente de NEVI-2012*

$$d_1 = 0.278 vt \text{ (metros)}$$

Donde:  
 $v$  = Velocidad inicial, kilómetros por hora.  
 $t$  = Tiempo de percepción y reacción, que ya se indicó es de 2.5 seg.

La distancia de frenado,  $d_2$ , se calcula por medio de la expresión que se muestra a continuación:

**Figura 2**

*Ecuación de  $D_p$  en segunda componente de NEVI-2012*

$$d_2 = v^2 / 254 f \text{ (metros)}$$

Donde:  
 $v$  = velocidad inicial, kilómetros por hora.  
 $f$  = coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento.

Para tomar en cuenta el efecto de las pendientes, hay que modificar el denominador de la fórmula anterior, de la siguiente manera:

**Figura 3**

*Ecuación de  $D_p$  en función de la pendiente NEVI-2012*

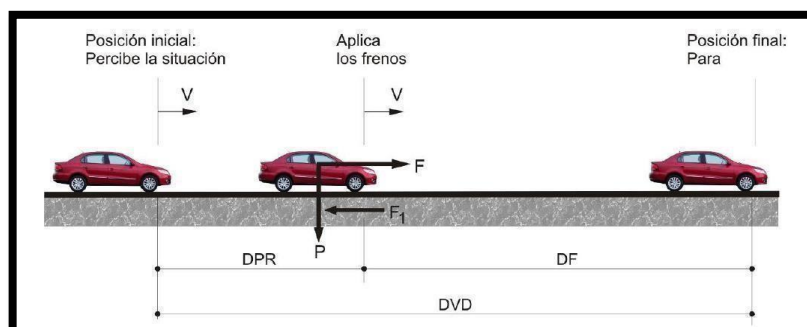
$$D = v^2 / 254 (f \pm G)$$

(Ec. 2A.204 -03)

Donde:  
 $G$  = Porcentaje de la pendiente dividida entre 100, siendo positiva la pendiente de ascenso (+) y negativa (-) la de bajada

De acuerdo con (Vialidad Nacional, 2010), la distancia de parada se conoce como "distancia visual de detención", esta distancia representa el espacio necesario para que un conductor promedio, conduciendo a la velocidad recomendada y con un vehículo en condiciones mecánicas adecuadas en una carretera mojada, pueda detener completamente su vehículo cuando nota un obstáculo inesperado en su camino hasta que se detiene por completo al aplicar los frenos.

**Figura 4**  
Relación de DVD y DF Vialidad-2010



Esta distancia visual de detención posee dos componentes, el primero es la distancia de percepción y reacción y el segundo es la distancia de frenado. La distancia de frenado depende del coeficiente de fricción y este está relacionada a la velocidad directriz, (Vialidad Nacional, 2010).

**Figura 5**  
Ecuación de la DVD de Vialidad-2010

$$DVD = \frac{V \times 2,5}{3,6} + \frac{V^2}{254 \times f_l}$$

La denominada visibilidad de frenado en (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997) es análoga a la distancia de parada, el cual depende dos componentes que son: el factor de fricción y la distancia de frenado. Dada también la influencia de la pendiente. La norma del (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997), presenta distancias de visibilidad de frenado, que correspondiente a diversas pendientes de bajada, calculadas según la expresión.

**Figura 6**  
Ecuación de  $d_f$  en MTC-1997

$$d_f = \frac{v^2}{254(f \pm s)}$$

Nota: "df" distancia de frenado

**Tabla 9**  
Distancia de visibilidad de parada en función de la velocidad de diseño MTC-1997

Velocidad de diseño kph	Recorrido en 2,5" mts	Factor de fricción	Recorrido frenando mts	Distancia calculada mts
30	20.82	0.38	9.32	30
35	24.29	0.374	12.91	37
40	27.76	0.367	17.017	45
45	31.23	0.36	22.14	53
50	34.7	0.353	27.85	63
55	38.17	0.347	34.35	73
60	41.64	0.34	41.68	83
65	45.11	0.333	49.91	95
70	48.58	0.327	59.07	108
75	52.05	0.32	69.23	121
80	55.52	0.313	80.46	136
85	58.99	0.306	92.82	152
90	62.46	0.3	106.39	169
95	65.93	0.293	121.26	187
100	69.4	0.286	137.51	207
105	72.87	0.28	155.25	228
110	76.34	0.273	174.58	251
115	79.81	0.266	195.63	275
120	83.29	0.259	218.52	302

**Tabla 10**  
Distancia de visibilidad de parada en función de la pendiente MTC-1997

V diseño kph	Pendiente de bajada en %										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
30	30	30	31	31	31	32	32	32	33	33	33
35	37	38	38	38	39	39	40	40	41	41	42
40	45	45	46	46	47	48	48	49	50	51	51
45	53	54	55	55	56	57	58	59	60	61	62
50	63	63	64	65	66	67	68	69	71	72	74
55	73	74	75	76	77	78	80	81	83	85	86
60	83	85	86	87	89	91	92	94	96	98	101
65	95	97	98	100	102	104	106	108	111	113	116
70	108	110	112	114	116	118	121	124	127	130	134
75	121	124	126	128	131	134	137	141	144	148	153
80	136	139	141	145	148	151	155	159	164	168	174
85	152	155	158	162	166	170	174	179	185	190	197
90	169	173	177	182	186	191	197	202	209	216	223
95	187	191	196	201	206	212	218	225	233	241	250
100	207	213	218	224	231	237	245	253	262	272	282
105	228	234	240	247	254	262	271	280	290	302	315
110	251	258	265	272	281	290	300	311	323	337	352
115	275	283	291	300	310	321	332	345	360	375	393
120	302	311	320	330	342	354	368	383	399	418	439

### 2.2.6. Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal, también conocido como diseño geométrico en planta, se compone de tramos rectos, curvas circulares y curvas de radio variable. Estos componentes facilitan la transición gradual entre caminos rectos y curvos, lo que permite el flujo continuo de vehículos y mantiene una velocidad de diseño constante lo más lejos posible de la carretera. El objetivo es garantizar que los vehículos funcionen sin interrupciones, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

**Tabla 11**

*Velocidad de diseño y deflexión máxima aceptable DG-2018*

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

El alineamiento horizontal incluye tramos rectos, curvas circulares y curvas de curvatura variable, que facilitan una transición gradual entre tramos rectos y curvas circulares, así como entre curvas de diferentes radios. El objetivo del alineamiento horizontal es garantizar que los vehículos funcionen de manera segura y cómoda a la velocidad de diseño y permitir una transición fluida entre varios tipos de tramos, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

Según (Vialidad Nacional, 2010), el alineamiento horizontal consta de tres componentes fundamentales: tramos rectos, curvas circulares y transiciones. Después de establecer los criterios de diseño geométrico, es

necesario encontrar una combinación de tramos rectos y curvos que se ajusten al terreno, tanto en términos de su perfil en planta como en términos de su perfil en alzado.

Según (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), en el diseño de curvas horizontales se deben tener en cuenta dos casos: una curva horizontal seguida de una tangente y un alineamiento que incluye tramos de tangente junto con curvas horizontales y verticales. En el primer caso, las fuerzas centrífugas impiden que los vehículos manejen de manera segura al entrar y cruzar la curva. En el segundo caso, el diseño depende de elementos como las fuerzas centrífugas, la velocidad reducida de los vehículos pesados al ascender pendientes y las altas velocidades al descender.

**Tabla 12**  
*Sobreelevación y tipo de terreno NEVI-2012*

Tasa de Sobreelevación, "e" en %	Tipo de Area
10	Rural montanosa
8	Rural lana
6	Suburbana
4	Urbana

Considerando la Velocidad de Proyecto específica de la categoría de la carretera, es esencial garantizar una operación segura y cómoda en los tramos restringidos del trazado. Sin embargo, en los tramos con un trazado más extenso, se debe considerar la V85%, considerando todos los elementos del tramo. Esto se hace para anticipar las velocidades que utilizará un gran número de usuarios durante períodos de baja demanda. Si se requiere

cambiar la velocidad del proyecto debido a las condiciones topográficas, el diseño debe incluir un tramo de transición adecuado, que se señalará adecuadamente en el terreno.

Si el proyecto contempla una sola calzada, generalmente se utilizará el eje de simetría de la calzada con sección normal como el eje en planta, sin considerar los posibles ensanches o pistas auxiliares que pueden estar presentes en ciertas áreas. Para diseñar peraltes en curvas, este eje de simetría también funcionará como eje de giro. (Ministerio de Obras Públicas, 2022)

Las distancias horizontales pertenecientes al alineamiento horizontal se representan en forma de "progresivas" y se miden a partir de un punto de origen no predeterminado, que generalmente es el inicio de un tramo de proyecto. Las progresivas se registran de manera similar a cualquier número, excepto que se utiliza un signo (+) en lugar del punto decimal que separa los miles de las centenas, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997)

#### **2.2.6.1. Tramos tangentes**

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función a la velocidad de diseño.



**Tabla 13***Longitudes máximas y mínimas de tramos tangentes DG-2018*

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

Las líneas de guía de carreteras tienen características de longitud, dirección y sentido. Aunque ofrecen una guía clara, con frecuencia carecen de atractivo visual. Pueden resultar monótonas para los conductores porque parecen completamente predecibles y estáticos, lo que los hace cansados y aumenta la velocidad. Las luces de los vehículos que se aproximan en sentido contrario pueden causar deslumbramiento durante la noche. En (Vialidad Nacional, 2010), se recomienda proyectar longitudes en rectas menores.

**Figura 7***Ecuación de longitud recta en función de la velocidad Vialidad-2010*

$$L_{\text{máx}}(\text{m}) = 20 \times V \text{ (km/h)}$$

Salvo en zonas desérticas o estepas, los grandes alineamientos rectos no se dan en forma natural. Pretender incorporarlos al trazado implica por lo general movimientos de tierra innecesarios, (Ministerio de Obras Públicas, 2022)

**Figura 8**

*Ecuación de alineación en función de la Vp Chile-2022*

$L_r (m) = 20 V_p (km/h)$ <p>Lr = Largo en m de la Alineación Recta Vp = Velocidad de Proyecto de la Carretera</p>
--

Tramos rectos intermedios de mayor longitud, deberán alcanzar o superar los mínimos que se señalan en la **Tabla N°14**, los que responden a una mejor definición óptica, y están dados por Lr mín igual a 1,4 Vp.

**Tabla 14**

*Longitud mínima entre curvas del mismo sentido Chile-2022*

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Lr (m)	56	70	84	98	112	126	140	154	168

Es crucial evitar segmentos rectos demasiado cortos entre curvas que se desarrollan en la misma dirección, especialmente en terrenos llanos u ondulados suaves, y cuando se planifica una velocidad de proyecto media o alta. Esto se logra gracias a la optimización del guiado visual.

**Tabla 15**

*Longitud mínima en función de la velocidad de proyecto y el tipo de terreno Chile-2022*

Vp (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Terreno Llano y Ondulado	-	110/55	140/70	170/85	195/98	220/110	250/125	280/150	305/190	330/250
Terreno Montañoso	25	55/30	70/40	85/50	98/65	110/90	-	-	-	-

Cuando la longitud de una sección recta intermedia sea igual o menor que los valores mínimos deseados, se debe mantener un peralte mínimo en esa sección igual al grado de inclinación transversal pre definido para la carretera o camino, que puede ser del 2%, 2.5%, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

La longitud de los segmentos rectos está determinada por las

características topográficas del suelo. Sin embargo, es poco recomendable en caminos tener segmentos rectos que excedan la distancia que un automóvil puede recorrer en un lapso de 90 segundos a la velocidad de diseño adecuada, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones Venezuela, 1997).

**Tabla 16**

*Longitud de máximas recomendables MTC-1997*

kph	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
m	1000	1350	1650	2000	2300	2650	3000	3300	3650	4000

Según la norma colombiana dada la longitud de las tangentes (Instituto Nacional de Vías, 2008, pág. 67)

**Tabla 17**

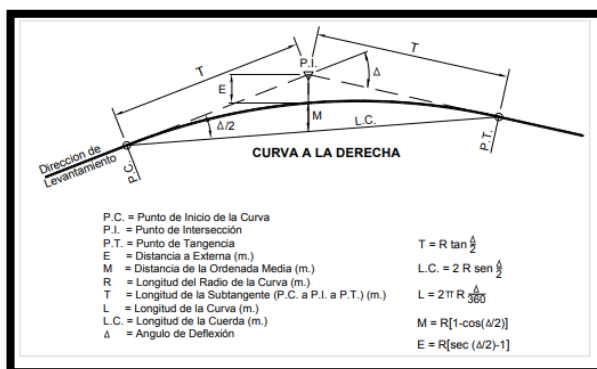
*Tramos tangentes para rangos de velocidad de diseño INVIA-2008*

Velocidad Específica de la Curva horizontal anterior $V_{CH}$ (km/h)	Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{TD}$ ) $\leq 50$ km/h					Velocidad de Diseño del Tramo ( $V_{TD}$ ) $> 50$ km/h				
	Longitud del Segmento recto anterior (m)					Longitud del Segmento recto anterior (m)				
	$L \leq 70$	$70 < L \leq 250$		$250 < L \leq 400$	$L > 400$	$L \leq 150$	$150 < L \leq 400$		$400 < L \leq 600$	$L > 600$
$\Delta < 45^\circ$		$\Delta \geq 45^\circ$	$\Delta < 45^\circ$				$\Delta \geq 45^\circ$			
$V_{TD}$	$V_{TD}$	$V_{TD}$	$V_{TD}$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 20$	$V_{TD}$	$V_{TD}$	$V_{TD}$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 20$
$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD}$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 20$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD}$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 20$
$V_{TD} + 20$	$V_{TD} + 20$	$V_{TD} + 20$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 20$	$V_{TD} + 20$	$V_{TD} + 20$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 10$	$V_{TD} + 20$
CASO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

### 2.2.6.2. Curvas circulares

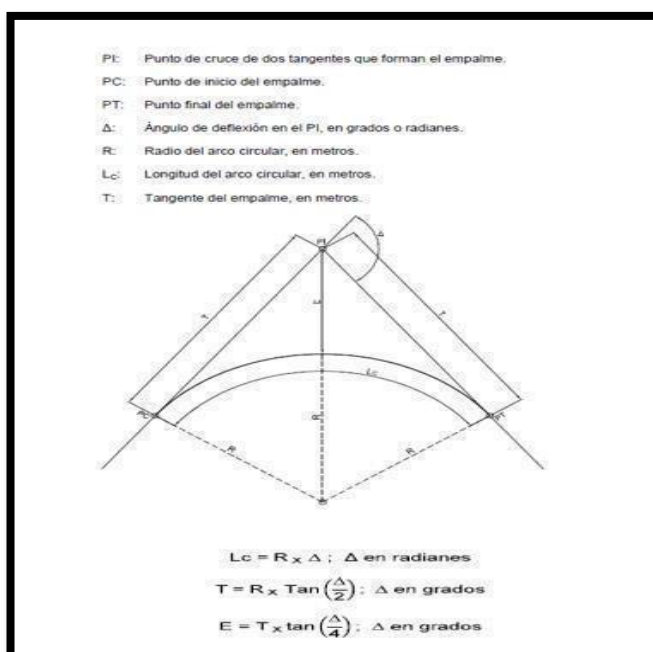
Las curvas horizontales circulares simples son segmentos de una circunferencia con un solo radio que conectan dos tramos de carretera rectos consecutivos, representando la proyección horizontal de las curvas reales en el espacio, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

**Figura 9**  
Elementos geométricos de curva horizontal DG-2018



Los empalmes con curvatura circular muestran una curvatura constante que está inversamente relacionada con el radio. Esto representa un elemento geométrico de curvatura rígida en el contexto del diseño de carreteras (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Figura 10**  
Elemento geométrico de curva horizontal INVIAS-2008

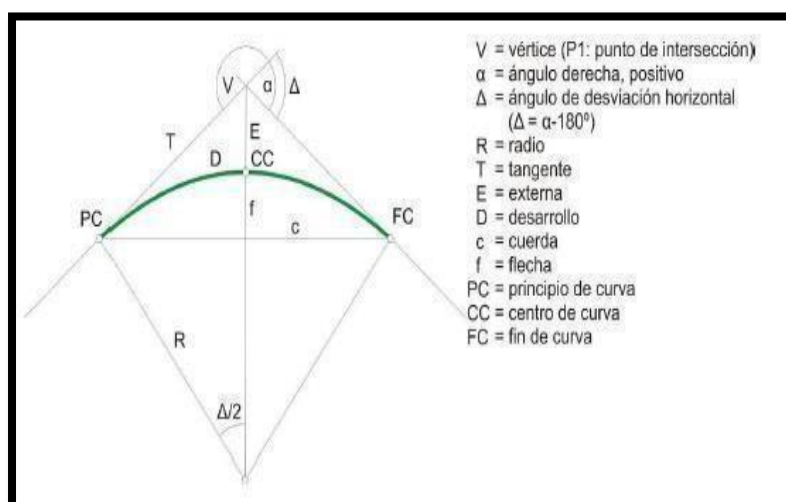


El radio, el ángulo de deflexión y la longitud de una curva de carretera son características distintivas. Estas características han sido utilizadas por

los profesionales desde el inicio de la construcción de carreteras, particularmente en las rectas, donde no hay aceleración centrífuga, en contraste con las curvas circulares, donde la aceleración es proporcional a la inversa del radio de la curva, (Vialidad Nacional, 2010).

### Figura 53

#### *Elementos geométricos horizontales Vialidad-2010*



No se requiere una curva cuando las deflexiones de la carretera son iguales o menores a un punto ( $1^\circ$ ). Sin embargo, en estos casos, es mejor usar curvas circulares con radios muy amplios, los radios necesarios para deflexiones tan pequeñas son tan grandes que no se requieren curvas de transición. La longitud del arco circular debe ser al menos igual a la de la curva de transición si es necesario, (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

#### **2.2.6.3. Radios mínimos y peralte**

Los radios más pequeños de curvatura horizontal permiten circular a la velocidad de diseño y mantener la tasa máxima de peralte, lo que garantiza condiciones aceptables de seguridad y confort, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

**Figura 54**  
Ecuación de radio mínimo DG-2018

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

Dónde:

R<sub>mín</sub> : Radio Mínimo

V : Velocidad de diseño

P<sub>máx</sub>: Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

f<sub>máx</sub>: Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

En general, se debe evitar el uso de curvas con radios mínimos en el diseño de un tramo homogéneo en la planta de una carretera cuando se consideran la velocidad de diseño, el radio mínimo y el peralte máximo como parámetros fundamentales. Es mejor usar curvas con radios amplios, con solo un número mínimo de radios utilizados en situaciones críticas, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

**Tabla 18**  
Radio y velocidad de diseño en función del tipo de terreno DG-2018

Ubicación de la vía	Velocidad de diseño	P máx. (%)	f máx.	Radio calculado (m)	Radio redondeado (m)
Área rural (accidentada o escarpada)	30	12.00	0.17	24.4	25
	40	12.00	0.17	43.4	45
	50	12.00	0.16	70.3	70
	60	12.00	0.15	105.0	105
	70	12.00	0.14	148.4	150
	80	12.00	0.14	193.8	195
	90	12.00	0.13	255.1	255
	100	12.00	0.12	328.1	330
	110	12.00	0.11	414.2	415
	120	12.00	0.09	539.9	540
	130	12.00	0.08	665.4	665

En las carreteras terciarias, especialmente en zonas montañosas y abruptas, la disponibilidad de tramos largos de tangencia es limitada, lo que dificulta la transición gradual de peralte. Por esta razón, se cree que un margen máximo apropiado para estas circunstancias es del 6%, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Tabla 19**

*Coefficiente de fricción en función de la velocidad específica INVIAS-2008*

VELOCIDAD ESPECÍFICA $V_{CH}$ (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA $f_{Tmáx}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

(Instituto Nacional de Vías, 2008), considera el peralte máximo ( $e_{máx}$ ) y el coeficiente de fricción transversal máximo ( $f_{Tmáx}$ ), el valor de curvatura más pequeño permitido para una Velocidad Específica ( $V_{CH}$ ) es el radio mínimo ( $R_{Cmín}$ ). Solo se debe utilizar el radio con la curvatura más baja en situaciones extremas en las que no sea posible utilizar radios más grandes. El radio mínimo se calcula utilizando la ecuación de equilibrio para garantizar la seguridad contra el deslizamiento.

**Figura 13**

*Ecuación de radio mínimo invias-2008*

$$R_{Cmín} = \frac{(V_{CH})^2}{127 \times (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

En las Tablas 3.2 y 3.3 se indican los valores de Radio mínimo para diferentes Velocidades Específicas ( $V_{CH}$ ) según el peralte máximo ( $e_{máx}$ ) y la fricción máxima ( $f_{Tmáx}$ ).

**Tabla 20**

*Radio mínimo para un peralte máximo de  $e=6\%$  y fricción máxima INVIAS-2008*

VELOCIDAD ESPECÍFICA ( $V_{CH}$ ) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$	TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 <sup>(1)</sup>
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

Después de determinar la Velocidad Específica (VCH) de cada curva horizontal y elegir el Radio de Curvatura (Rc) adecuado que permita que los vehículos circulen con total seguridad a la VCH específica de dicha curva, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Tabla 21**

*Peralte en función de la velocidad específica INVIAS-2008*

e (%)	V <sub>CH</sub> = 20 km/h R (m)	V <sub>CH</sub> = 30 km/h R (m)	V <sub>CH</sub> = 40 km/h R (m)	V <sub>CH</sub> = 50 km/h R (m)	V <sub>CH</sub> = 60 km/h R (m)
1.5	194	421	738	1050	1440
2.0	138	299	525	750	1030
2.2	122	265	465	668	919
2.4	109	236	415	599	825
2.6	97	212	372	540	746
2.8	87	190	334	488	676
3.0	78	170	300	443	615
3.2	70	152	269	402	561
3.4	61	133	239	364	511
3.6	51	113	206	329	465
3.8	42	96	177	294	422
4.0	36	82	155	261	380
4.2	31	72	136	234	343
4.4	27	63	121	210	311
4.8	24	56	108	190	283
4.8	21	50	97	172	258
5.0	19	45	88	156	235
5.2	17	40	79	142	214
5.4	15	36	71	128	195
5.6	15	32	63	115	176
5.8	15	28	56	102	156
6.0	15	21	43	79	123

El coeficiente de fricción transversal máximo en condiciones de humedad, también conocido como  $f_{m\acute{a}x}$ , se refiere al nivel de fricción alcanzado justo antes de que un vehículo esté a punto de experimentar un deslizamiento lateral, con un margen de seguridad razonable. La siguiente es la representación de  $f_{m\acute{a}x}$  en términos de velocidad (V), (Vialidad Nacional, 2010).



**Figura 14**

*Relación de velocidad y fricción máxima Vialidad-2010*

Para $V \leq 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$	;	$f_{\text{máx}} = 0,188 - \frac{3V}{5000}$
Para $V > 80 \frac{\text{km}}{\text{h}}$	;	$f_{\text{máx}} = 0,24 - \frac{V}{800}$

**Tabla 22**

*Fricción máxima y velocidad Vialidad-2010*

V km/h	f <sub>máx</sub>
25	0,17
30	0,17
40	0,16
50	0,16
60	0,15
70	0,15
80	0,14
90	0,13
100	0,12
110	0,10
120	0,09
130	0,08
140	0,07

Para mejorar el equilibrio dinámico, la calzada generalmente se inclina a un ángulo específico ( $\beta$ ) en las curvas horizontales. Esto se hace para reducir la proyección de la fuerza centrífuga sobre la calzada. El peralte (e) es el valor de esta inclinación lateral aplicada a la calzada en curvas horizontales para contrarrestar la fuerza centrífuga que actúa en el plano de la calzada en parte o completamente. Se expresa generalmente en porcentajes como la tangente del ángulo, (Vialidad Nacional, 2010).

**Figura 15**  
*Pendiente Vialidad-2010*

$$e(\%) = (\text{tangente}\beta) 100$$

Esto es relevante en áreas cercanas a zonas urbanas donde los vehículos conducen a velocidades reducidas, así como en entornos rurales, como terrenos planos o montañosos, que están sujetos a condiciones frecuentes de heladas o nevadas.

**Tabla 23**  
*Peralte máximo y condiciones del terreno Vialidad-2010*

Peralte máximo	Condiciones en que se desarrolla la ruta
10%	En zonas rurales montañosas, con heladas o nevadas poco frecuentes.
8%	En zonas rurales llanas, con heladas o nevadas poco frecuentes.
6%	En zonas próximas a las urbanas, con vehículos que operan a bajas velocidades, o en zonas rurales, llanas o montañosas, sujetas a heladas o nevadas frecuentes.

Resume la velocidad, el peralte y la fricción transversal, para los segmentos delimitados por los cuatro puntos singulares.

**Tabla 24**  
*Relación entre peralte, velocidad y fricción Vialidad-2010*

Entre	Velocidad	e	ft
1 y 2	V a VMM	emáx	Variable entre: ftmáx y 0
2 y 3	VMM	Variable entre: emáx y + 2%	0
3 y 4	VMM	BR= + 2%	0
más allá de 4	V	BN= ± 2%	f=0,035

**Tabla 25**  
*Velocidad directriz y radios mínimos Vialidad-2010*

Velocidad directriz km/h	Peralte máximo 6%		Peralte máximo 8%		Peralte máximo 10%	
	Radios mínimos		Radios mínimos		Radios mínimos	
	Deseable	Absoluto	Deseable	Absoluto	Deseable	Absoluto
	m	m	m	m	m	m
25	80	20	60	20	50	20
30	120	30	90	30	70	25
40	210	55	155	50	125	50
50	290	90	220	85	175	75
60	395	135	300	120	240	110
70	515	185	385	170	310	155
80	645	250	480	230	385	210
90	785	340	585	305	470	280
100	935	450	700	405	560	365
110	1095	585	820	520	655	470
120	1270	755	950	665	760	595
130	1450	970	1085	845	870	750
140	1640	1230	1230	1065	985	935

Los radios mínimos se refieren a los valores más bajos de curvatura que pueden utilizarse para una velocidad de diseño específica y se vinculan con la sobreelevación máxima y la fricción lateral máxima seleccionadas durante el proceso de diseño. La pérdida de control de un vehículo en una curva puede producirse debido a que la sobreelevación o inclinación de la curva no es adecuada para contrarrestar la velocidad del vehículo, o bien, porque la fricción lateral entre las ruedas y la superficie de la carretera es insuficiente, lo que resulta en un deslizamiento del vehículo, (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

**Tabla 26**  
Velocidad de diseño y radios mínimos NEVI-2012

Velocidad de Diseño( Km/h)	Factor de Fricción Máxima	Peralte máximo 8%			Peralte máximo 10%		
		Radio (m)		Grado de Curva	Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado		Calculado	Recomendado	
30	0.17	28.3	30	38° 12'	26.2	25	45° 50'
40	0.17	50.4	50	22° 55'	46.7	45	25° 28'
50	0.16	82.0	80	14° 19'	75.7	75	15° 17'
60	0.15	123.2	120	9° 33'	113.4	115	9° 58'
70	0.14	175.4	175	6° 33'	160.8	160	7° 10'
80	0.14	229.1	230	4° 59'	210.0	210	5° 27'
90	0.13	303.7	305	3° 46'	277.3	275	4° 10'
100	0.12	393.7	395	2° 54'	357.9	360	3° 11'
110	0.11	501.5	500	2° 17'	453.7	455	2° 31'
120	0.09	667.0	665	1° 43'	596.8	595	1° 56'

**Tabla 27**  
Elemento de curva y velocidad de diseño NEVI-2012

R (m)	Vd=30km/h			Vd=40km/h			Vd=50km/h			Vd=60km/h			Vd=70km/h			Vd=80km/h			Vd=90km/h			Vd=100km/h			Vd=110km/h		
	L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)			L (m)		
	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs	e (%)	2 Crs	4 Crs
7000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
5000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0
3000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	56	84	2.1	61	92
2500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	50	75	2.2	56	84	2.5	61	92
2000	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	44	66	2.2	50	75	2.7	56	84	3.1	61	92
1500	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	39	59	2.4	44	66	2.9	50	75	3.5	56	84	4.1	61	92
1400	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.1	39	59	2.6	44	66	3.1	50	75	3.8	56	84	4.3	61	92
1300	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.3	39	59	2.8	44	66	3.3	50	75	4.0	56	84	4.6	61	92
1200	SN	0	0	SN	0	0	SN	0	0	SI	33	50	2.4	39	59	3.0	44	66	3.6	50	75	4.3	56	84	5.0	61	92
1000	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.2	33	50	2.9	39	59	3.5	44	66	4.2	50	75	5.1	56	84	5.9	61	92
900	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.5	33	50	3.2	39	59	3.9	44	66	4.6	50	75	5.6	56	84	6.4	61	92
800	SN	0	0	SN	0	0	SI	28	42	2.7	33	50	3.5	39	59	4.3	44	66	5.1	50	75	6.2	56	84	7.1	61	92
700	SN	0	0	SI	22	33	2.3	28	42	3.1	33	50	4.0	39	59	4.6	44	66	5.8	50	75	6.9	56	84	8.0	69	103
600	SN	0	0	SI	22	33	2.7	28	42	3.6	33	50	4.5	39	59	5.5	44	66	6.5	50	75	7.8	62	94	9.0	77	118
500	SN	0	0	2.3	22	33	3.1	28	42	4.2	33	50	5.3	39	59	6.4	46	69	7.6	57	86	8.9	71	107	9.9	85	127
400	SI	17	26	2.8	22	33	3.8	28	42	5.0	33	50	6.3	41	62	7.5	54	81	8.8	67	100	9.8	78	117	Rmin = 455		
300	2.2	17	26	3.6	22	33	4.8	28	42	6.3	38	57	7.8	51	77	9.0	65	97	99	75	112	Rmin = 350					
250	2.6	17	26	4.2	22	33	5.6	30	45	7.1	43	64	8.7	57	86	9.7	70	105	Rmin = 275								
200	3.1	17	26	5.0	26	39	6.6	36	53	8.2	49	74	9.6	63	94	Rmin = 210											
175	3.5	17	26	5.6	29	43	7.1	38	58	8.8	53	79	9.9	65	97.0	Rmin = 160											
150	4.0	19	29	6.2	32	48	7.8	42	63	9.4	57	85	Rmin = 115														
140	4.3	21	31	6.4	33	49	8.1	44	66	9.6	58	87	Rmin = 75														
130	4.5	22	32	6.7	34	52	8.5	46	69	9.8	59	88	Rmin = 45														
120	4.8	23	34	7.0	36	54	8.8	48	71	10.0	60	90	Rmin = 25														
110	5.1	24	37	7.4	38	57	9.1	49	74	Rmin = 25																	
100	5.5	26	40	7.7	40	59	9.5	51	77	Rmin = 25																	
90	5.9	28	42	8.2	42	63	9.8	53	79	Rmin = 25																	
80	6.4	31	46	8.6	44	66	10.0	54	81	Rmin = 25																	
70	6.9	33	50	9.1	47	70	Rmin = 25																				
60	7.5	36	54	9.6	49	74	Rmin = 25																				
50	8.2	39	59	10.0	51	77	Rmin = 25																				
40	9.1	44	65	Rmin = 25																							
30	9.9	47	71	Rmin = 25																							

gmax = 10.0%

R = Radio de curva

V = Velocidad de diseño

e = Tasa de superelevación

L = Longitud mínima de transición

SN = Sección Normal

SI = Sección Invertida, peralte similar a la pendiente normal

C = Camión

CIFRAS REDONDEADAS

En él (Ministerio de Obras Públicas, 2022), la siguiente fórmula se utiliza para calcular los radios mínimos para cada velocidad de proyecto utilizando el criterio de seguridad contra el deslizamiento:

**Figura 16***Ecuación de radio mínimo en Chile-2022*

$$R_m = \frac{V_p^2}{127 (p_{\text{máx}} + t_{\text{máx}})}$$

Rm : Radio Mínimo Absoluto (m)  
 Vp : Velocidad Proyecto (km/h)  
 p<sub>máx</sub> : Peralte Máximo correspondiente a la Carretera o el Camino (m/m)  
 t<sub>máx</sub> : Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a Vp.

**Tabla 28***Velocidad y peralte máximo Chile-2022*

Caminos	p <sub>máx</sub>	t <sub>máx</sub>
Vp 30 a 80 km/h	7%	0,265 - V/602,4
Carreteras	8%	0,193 - V/1134
Vp 80 a 120 km/h		

Dónde: Vp es la velocidad de proyecto, p<sub>max</sub> es pendiente máxima y t<sub>max</sub> es fricción transversal máximo correspondiente a la velocidad del proyecto. Solo en una secuencia de curvas horizontales se pueden usar radios mínimos si se encuentran dentro del rango aceptable para curvas horizontales consecutivas.

**Tabla 29***Velocidad, radios y pendiente según tipo de terreno Chile-2022*

Caminos Colectores — Locales — Desarrollo			
V	máx	t máx	Rm
km/h	(%)		(m)
30	7	0,215	25
40	7	0,198	50
50	7	0,182	80
60	7	0,165	120
70	7	0,149	180
80	7	0,132	250
Carreteras — Autopistas Autorrutas — Primarios			
80	8	0,122	250
90	8	0,114	330
100	8	0,105	425
110	8	0,096	540
120	8	0,087	700

Relación entre la velocidad específica en curvas horizontales según radio, peralte y fricción transversal:

**Tabla 30***Radio, pendiente y velocidad específica Chile-2022*

R (m)	p %	Ve (km/h)	t
25	7,0	30,1	0,215
30	7,0	32,7	0,211
40	7,0	37,2	0,203
50	7,0	41,1	0,197
60	7,0	44,6	0,191
70	7,0	47,7	0,186
80	7,0	50,5	0,181
90	7,0	53,1	0,177
100	7,0	55,5	0,173
120	7,0	59,9	0,166
150	7,0	65,6	0,156
180	7,0	70,6	0,148
200	7,0	73,5	0,143
220	7,0	76,3	0,138
250	7,0	80,1	0,132
300	7,0	84,7	0,118
350	7,0	90,3	0,113
400	6,6	94,5	0,110
450	6,1	97,9	0,107
500	5,7	101,1	0,104
550	5,4	104,1	0,101
600	5,1	106,8	0,099
700	4,5	> 110	0,095
800	4,1	> 110	0,091
900	3,8	> 110	0,087
1000	3,5	> 110	0,084
1200	3,1	> 110	0,079
1500	2,7	> 110	0,072
1800	2,4	> 110	0,066
2000	2,3	> 110	0,063
2500	2,0	> 110	0,056
3000	2,0	> 110	0,050
3200	2,0	> 110	0,047

Debido a que el desarrollo de una curva circular es proporcional al producto de la deflexión angular asociada a la curva por su radio, cuando se tienen radios cercanos al radio mínimo y/o deflexiones pequeñas, el desarrollo de la curva circular se vuelve muy corto. Esto se conoce como desarrollo mínimo de curvas horizontales. Se busca evitar este tipo de situaciones porque puede ser problemático porque dificulta que los conductores perciban adecuadamente la curva.

**Tabla 31***Velocidad de proyecto versus deflexiones totales Chile-2022*

Vp (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$\omega_c = 9^\circ$	7	12	17	26	35	47	60	76	100
$\omega_c = 20^\circ$	16	26	38	57	78	104	134	170	220

Deflexiones Totales con  $\omega < 6^\circ$ . En estos casos se deben usar curvas

circulares de radios muy amplios, que aseguren desarrollos mínimos.

**Tabla 32**

*Velocidad de proyecto y ángulo de deflexión Chile-2022*

Vp (km/h)	2°	3°	4°	5°	6°
40- 60	140	125	115	100	90
70- 90	205	190	170	150	130
100 - 120	275	250	225	200	175

**Nota:** "Vp" Velocidad del proyecto

La fuerza centrífuga surge en los tramos de carretera con curvas y depende del radio de la curva y de la velocidad a la que se circula. Se aborda primero el concepto de peralte, aunque la curvatura es un concepto geométrico relativamente sencillo (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997).

**Tabla 33**

*Velocidad de diseño y radio mínimo MTC-1997*

Velocidad de diseño	factor de fricción	Peralte máximo	i + f	Radio mínimo
30	0.171	10	0.271	26
40	0.165	10	0.265	48
50	0.159	10	0.259	76
60	0.153	10	0.253	112
70	0.146	10	0.246	157
80	0.14	10	0.24	210
90	0.134	10	0.234	273
100	0.128	10	0.228	346
110	0.121	10	0.221	431
120	0.115	10	0.215	527

#### 2.2.6.4. Sobrecancho

(Ministerio de Obras Públicas, 2022), se debe ensanchar la calzada en curvas de radios pequeños y medianos debido al tipo de vehículos comerciales que suelen circular por la carretera o camino. Esto se hace para asegurarse de que haya suficiente espacio libre (conocido como "huelga") entre los vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, así como entre los vehículos y los bordes de

las calzadas. Además de las huelgas teóricas adoptadas (valores promedio), el ensanchamiento necesario se debe al aumento en el espacio ocupado lateralmente por los vehículos al tomar las curvas. Sin embargo, este ensanchamiento no debe reducir el ancho de la berma o el área de paso suave y pavimentado de la categoría de ruta correspondiente.

(Ministerio de Obras Públicas, 2022), en los Caminos de Desarrollo, las curvas que requieren sobrecanchos están relacionadas con velocidades de proyecto iguales o inferiores a 50 km/h, lo que corresponde a velocidades de operación moderadas. En situaciones como estas, es conveniente disponer de un espacio recto de al menos 40 metros antes de la curva para facilitar el ensanchamiento, sin importar el tamaño del sobrecancho requerido. El ensanchamiento debe ajustarse a la longitud disponible si el tramo recto es más corto, pero se debe asegurarse de que no sea menor de 30 metros, en cualquier caso.

En el caso de un camino sin asfaltar, el proceso de ensanchamiento total será gradual y lineal, similar a una curva de clotoide, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

**Tabla 34**  
*Sobrecanchos para caminos en desarrollo Ch*

$l_n/LT_e$	$n/EI$	$n/LT_e$	$n/E$
0	0	0,6C	0.681
0.1	0.013	0,70	0.834
0.2	0.063	0.75	0.893
0.25	0.107	0.8	0.937
0.3	0.166	0.9	0.987
0.4	0.319	1	1
0.5	0.5		



Donde, "E" es sobreancho de curva, "e" es sobreancho parcial en transición, "ln" es distancia al origen para "e", "Lr" es longitud máxima a la recta.

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), define el término "sobreancho" y se refiere al ancho adicional de la superficie de rodadura de la carretera que se agrega a las curvas para acomodar la trayectoria extendida de los vehículos y compensar la mayor dificultad para mantenerlos dentro del carril durante las curvas.

### Figura 17

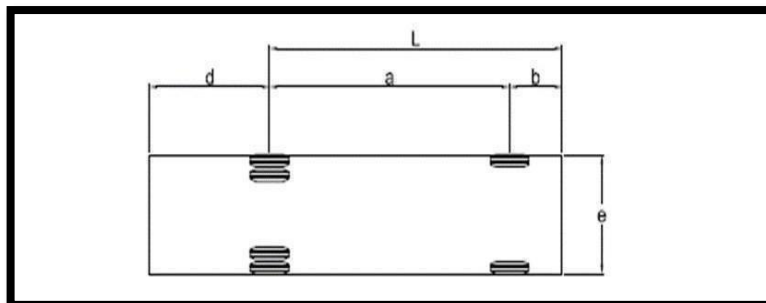
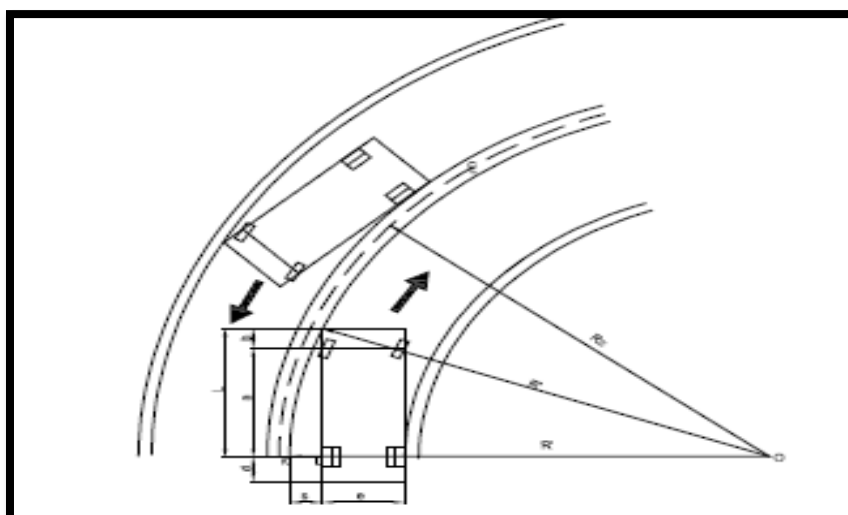
*Sobreanchos en DG-2018*

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

Dónde:

S <sub>a</sub>	: Sobreancho (m)
n	: Número de carriles
R <sub>c</sub>	: Radio de curvatura circular (m)
L	: Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
V	: Velocidad de diseño (km/h)

Ya sea durante el diseño o la construcción, considerar el sobreancho implica un aumento en los costos de trabajo, pero este aumento se justifica por la mejora en el ancho de la calzada. Por lo tanto, no se deben considerar valores de sobreancho muy pequeños, se considera apropiado aceptar al menos 0.40 metros de sobreancho. Se debe ensanchar la calzada en curvas con radios reducidos para adaptarse al tipo de vehículos comerciales que suelen circular por la carretera. Esto se hace para garantizar suficiente espacio libre entre los vehículos y el borde de la calzada, así como entre los vehículos que se cruzan en calzadas de doble dirección o que se adelantan en calzadas de dirección única, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Figura 18***Dimensiones de un vehículo INVIAS-2008***Figura 19***Visualización de sobreeanchos INVIAS-2008***Tabla 35***Categoría de vehículo y sus dimensiones*

	CATEGORÍA	a (m)	b (m)	d (m)	e (m)	L (m)
	Vehículo liviano	2.9	0.8	1.3	1.8	3.7
	Bus mediano	6.49	0.76	3.66	2.44	7.25
	Bus rande	7	2.7	3.3	2.6	9.7
2	Camión de dos ejes	6.6	1.4	3.2	2.5	8
3	Camión de tres ejes o doblotroque	6.55	1.25	3.2	2.5	7.8

Donde; a, b, d, e y L son las dimensiones del vehículo.

Si se asume que R' es sensiblemente igual a RC, se tiene que para unacalzada de n carriles:

### Figura 20

*Ecuación de sobreancho INVIAS-2008*

$$S = n \times \left( R_C - \sqrt{R_C^2 - L^2} \right)$$

Donde: S: Sobreancho requerido para la calzada.  
n: Número de carriles.  
R<sub>C</sub>: Radio de la curva circular

El sobreancho de la curva en vías terciarias se puede determinar de acuerdo con a la siguiente relación para cualquier radio (RC), esta relación es para calzadas de n carriles.

### Figura 21

*Ecuación de sobreanchos en función de número de carriles INVIAS-2008*

$$S = \frac{32 \times n}{R_C}$$

S: Ancho requerido por la calzada, en metros.  
n: Número de carriles.  
R<sub>C</sub>: Radio de la curva, en metros.

El uso de sobreanchos es necesario en curvas horizontales con radios reducidos y carriles estrechos para permitir una maniobrabilidad efectiva, segura, cómoda y eficiente de los vehículos. Estos sobreanchos son necesarios para acomodar la mayor curvatura del eje trasero de vehículos pesados y ayudar al conductor a mantener el vehículo centrado en el carril, (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012).

**Tabla 36**  
*Radio y Velocidad de diseño NEVI-2012*

TIPO	C1							C2							C3						
	Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)							Velocidad de diseño (Km/h)						
Radio de Curva (m)	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110	50	60	70	80	90	100	110
1500	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6
1000	0	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6
750	0	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8
500	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
400	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5		0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1		
300	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5			0.6	0.7	0.7	0.8	0.8		0.9	1.0	1.0	1.1				
250	0.4	0.5	0.5	0.6				0.7	0.8	0.8	0.9			1.0	1.1	1.1	1.2				
200	0.6	0.7	0.8					0.9	1.0	1.1				1.2	1.3	1.3	1.4				
150	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
140	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
130	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
120	0.7	0.8						1.0	1.1					1.3	1.4						
110	0.7							1.0						1.3							
100	0.8							1.1						1.4							
90	0.8							1.1						1.4							
80	1							1.3						1.6							
70	1.1							1.4						1.7							

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997) el término "sobrancho" se refiere a una calzada que se extiende con una dimensión transversal más amplia, particularmente en curvas y la cantidad de espacio que necesita un vehículo para girar depende del tipo de vehículo. El uso de un sobrancho tiene como objetivo principal ayudar al conductor a mantener su vehículo en el centro del carril, especialmente en curvas con radios reducidos, la cantidad de sobrancho requerida depende de una variedad de factores, incluida la velocidad de diseño, el ancho de los carriles de circulación, el radio de curvatura y la presencia de vehículos pesados en el tráfico.

**Tabla 37**  
*Radio y ancho de canal MTC-1997*

Radio m	Canales de 3,60 m					Canales de 3,30 m					Canales de 3,00 m					
	Velocidad Km/h					Velocidad Km/h					Velocidad Km/h					
	50	65	80	95	110	50	65	80	95	110	50	65	80	95		
1750	0	0	0	0	0	15	15	15	30	30	45	45	60	60	60	75
870	0	0	0	15	15	30	30	30	45	45	60	60	60	75	75	75
580	0	0	15	15	30	30	30	45	45	60	60	60	75	75	75	75
430	0	15	15	30	30	30	45	45	60	60	60	75	75	75	90	90
350	15	15	30	30		45	45	60	60	60	60	75	75	75	90	90
290	15	30	30	45		45	60	60	75		60	75	75	90	90	105
250	15	30	45			45	60	75			60	75	90	105	105	
220	30	30	45			60	60	75			60	75	90	105	105	
195	30	45	60			60	75	90			60	75	90	105	120	
160	30	45				60	75				60	75	90	105		
120	45	60				75	90				60	75	90	105		
100	60					90					60	75	90	105		
80	75					105					60	75	90	105		
70	90					120					60	75	90	105		
60	105					135					60	75	90	105		

### **2.2.7. Alineamiento vertical**

El diseño geométrico en perfil, también conocido como alineamiento vertical, se compone de una serie de segmentos rectos conectados por curvas verticales parabólicas donde estas rectas se tocan de manera tangente. El sentido de las pendientes se desarrolla durante el desarrollo de acuerdo con la progresión del kilometraje: las pendientes positivas indican un aumento en las cotas (alturas), mientras que las pendientes negativas indican una disminución en las cotas. El objetivo del alineamiento vertical es mantener la velocidad de diseño en la mayor longitud posible de la carretera para permitir que los vehículos circulen continuamente y sin interrupciones, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

El alineamiento vertical es una secuencia de segmentos rectos conectados por curvas verticales en forma de arcos parabólicos, y estas rectas se tocan de manera tangente. Varios factores, incluida la topografía del área, el diseño del alineamiento horizontal, la visibilidad en la carretera, la velocidad proyectada del tráfico, los costos de construcción y operación, el porcentaje de vehículos pesados en la carretera y el rendimiento de estos vehículos al ascender pendientes, afectan principalmente la inclinación de las tangentes verticales y la longitud de las curvas, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

(Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), en el diseño vertical, la carretera tiene un perfil longitudinal formado por una serie de segmentos rectos conectados por curvas verticales en forma de arcos

parabólicos, con estas rectas tangentes a las curvas. En el proceso de diseño, se determina la dirección de las pendientes en función del avance del kilometraje. Las pendientes positivas indican un aumento de la elevación, mientras que las pendientes negativas indican una disminución de la elevación. La configuración de la rasante evita la creación de tramos con pendientes en sentido contrario en áreas montañosas y terrenos escarpados, especialmente cuando es necesario superar cambios significativos de elevación, lo que resultaría en un aumento innecesario en la longitud de la carretera.

La rasante o la línea de referencia del alineamiento vertical se componen de las cotas del eje en planta de una carretera o camino, medidas a la altura de la superficie del pavimento o la capa de rodadura. El Perfil Longitudinal del Proyecto es la representación gráfica de esta rasante, en términos de elevación de la carretera. La rasante se compone de segmentos con diferentes pendientes y direcciones que están conectados por curvas verticales, generalmente representadas por parábolas de segundo grado, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

Según la norma (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997), el perfil de una vía muestra el alineamiento vertical que determina las elevaciones de la superficie terminada del pavimento en relación con un eje de referencia. Si se construye una vía en varias etapas, el perfil longitudinal debe indicar la elevación final del pavimento y su relación con las elevaciones de las etapas constructivas planificadas.

#### **2.2.7.1. Curvas verticales**

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), las curvas verticales parabólicas se conectarán cuando la diferencia algebraica entre las pendientes de los tramos consecutivos sea mayor al 1% en carreteras pavimentadas y al 2% en carreteras no pavimentadas. El parámetro de curvatura K, que representa la longitud de la curva en el plano horizontal por cada cambio del 1% en la pendiente, es lo que distingue a estas curvas verticales parabólicas.

### Figura 22

*Ecuación de la curvatura de curvas verticales DG-2018*

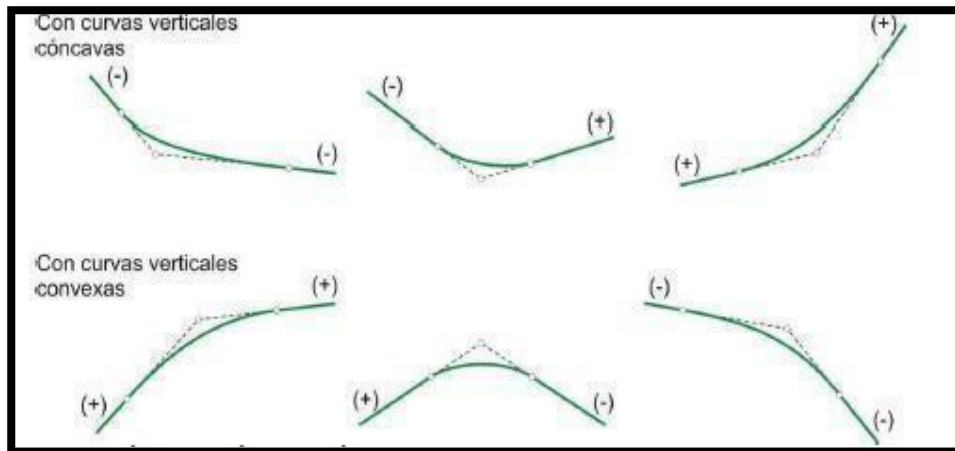
$$K = L/A$$

Dónde,

- K : Parámetro de curvatura
- L : Longitud de la curva vertical
- A : Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes

En términos de altimetría, los componentes esenciales del diseño vial incluyen segmentos rectos y curvas verticales en forma de parábolas cuadráticas con eje vertical. Estas curvas verticales hacen que la transición entre dos pendientes de rasante sea más suave, lo que permite un cambio gradual en la inclinación, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

Se establece una longitud mínima para las curvas verticales para que la distancia de visibilidad en toda su extensión sea igual o mayor que la distancia de parada (DP) requerida. Es importante tener en cuenta que, en ciertas circunstancias, el nivel de servicio deseado puede requerir el diseño de curvas verticales que cumplan con los requisitos de distancia de visibilidad de avance (Da), (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Figura 23***Curvas verticales cóncavas y convexas Vialidad-2010*

(Vialidad Nacional, 2010), las curvas verticales parabólicas se utilizarán cuando la diferencia algebraica entre las pendientes de los tramos consecutivos supere el 1% en carreteras pavimentadas. Estas curvas verticales deben ser diseñadas para garantizar una distancia de visibilidad mínima de parada, y en circunstancias razonables, una distancia de visibilidad mayor a la necesaria para el avance. El Índice de curvatura K se utiliza para calcular la longitud de estas curvas

. La longitud de la curva vertical se obtiene multiplicando el valor absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes (A) por el Índice K.

**Figura 24***Longitud de curva vertical Vialidad-2010*

$$L = KA$$

Los valores de los índices K se muestran en la siguiente Tabla:



**Tabla 38***Velocidad de diseño y índice de curvatura Vialidad-2010*

Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

**Tabla 39***Velocidad de diseño y distancia de visibilidad de parada Vialidad-2010*

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

**2.2.7.2. Longitud de curva convexa**

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), la longitud de las curvas verticales convexas, se determina con la siguiente fórmula:

Cuando  $D_p < L$ :

**Figura 25**  
Longitud de curva vertical DG-2018

$$L = \frac{A D_p^2}{100(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}$$

Cuando  $D_p > L$ ;

$$L = 2D_p - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A}$$

Dónde, para todos los casos:

- L : Longitud de la curva vertical (m)
- $D_p$  : Distancia de visibilidad de parada (m)
- A : Diferencia algebraica de pendientes (%)
- $h_1$  : Altura del ojo sobre la rasante (m)
- $h_2$  : Altura del objeto sobre la rasante (m)

Los valores del Índice K para la determinación de la longitud de las curvas verticales convexas para carreteras de Tercera Clase, serán los indicados en la **Tabla 40**.

**Tabla 40**  
Velocidad y K de curvatura Chile-2022

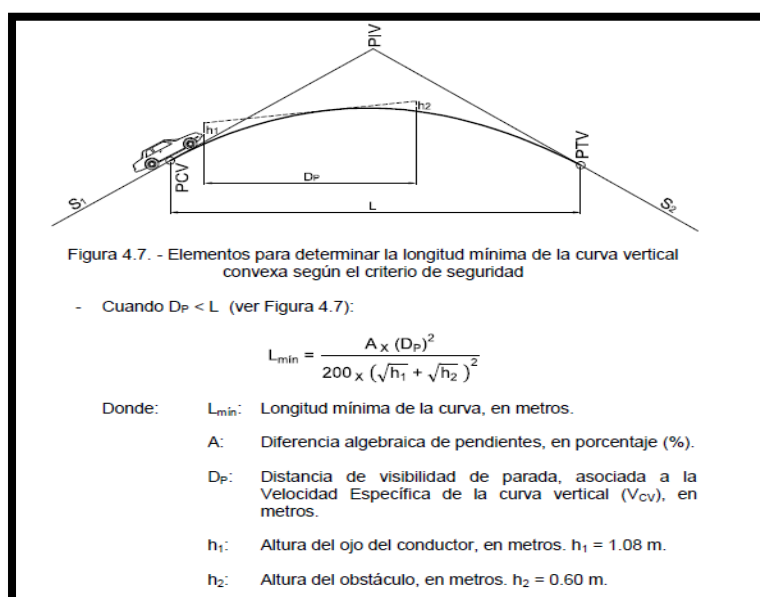
Velocidad de diseño km/h	Longitud controlada por visibilidad de parada		Longitud controlada por visibilidad de paso	
	Distancia de visibilidad de parada	índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de paso	índice de curvatura K
20	20	0.6		
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195
70	105	17	485	272
80	130	26	540	338
90	160	39	615	438

(Instituto Nacional de Vías, 2008), la longitud mínima de la curva vertical se calcula utilizando la Distancia de Visibilidad de Parada (DP) para cumplir con el criterio de seguridad. Las dos relaciones principales entre la distancia de visibilidad(DP) y la longitud de la curva (L) son cuando DP es

menor que  $L$  y cuando  $D_P$  es mayor que  $L$ . Las ecuaciones que se presentan a continuación proporcionan la longitud de la curva necesaria para cada una de estas relaciones, tomando en cuenta la altura del ojo del conductor sobre la calzada ( $h_1$ ), que es de 1.08 metros, y la altura del obstáculo ( $h_2$ ), que se considera 0.60 metros.

### Figura 26

*Elementos de curva vertical convexa INVIAS-2008*



La anterior expresión para una distancia de parada mayor a la longitud mínima de la curva:

### Figura 27

*Longitud mínima INVIAS-2008*

$$L_{\min} = \frac{A \times (D_P)^2}{658}$$

Según (Ministerio de Obras Públicas, 2022) La distancia de parada se determina considerando un obstáculo inmóvil en la pista de tránsito y la altura del ojo el conductor con respecto a la superficie de la pista. Este parámetro se especifica a continuación.

**Figura 28***Longitud de curva vertical convexa Chile-2022*

$$K_v = \frac{D_p^2}{2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}$$

$K_v$  = Parámetro Curva Vertical Convexa (m)  
 $D_p$  = Distancia de Parada  $f(V^*)$  m  
 $h_1$  = Altura Ojos del Conductor 1,10 m  
 $h_2$  = Altura Obstáculo Fijo 0,20 m

Luego:  $K_v = D_p^2 / 4,48$

La distancia de parada en la noche se determina utilizando un obstáculo fijo que debe estar dentro del área iluminada por los faros del vehículo. Este parámetro se especifica como:

**Figura 29***Longitud de curva vertical cóncava Chile-2022*

$$K_c = \frac{D_v^2}{2 \cdot (h + D_p \cdot \sin \beta)}$$

$K_c$  = Parámetro Curva Vertical Cóncava (m)  
 $D_p$  = Distancia de Parada  $f(V_p)$  (m) (Se considera que de noche los usuarios no superan  $V_p$ )

### 2.2.7.3. Longitud de curva cóncava

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

**Figura 30**  
*Longitud de curva cóncava DG-2018*

Cuando : $D < L$	$L = \frac{A D^2}{120 + 3.5D}$
Cuando : $D > L$	$L = 2D - \left( \frac{120 + 3.5D}{A} \right)$
Dónde:	
D : Distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de $1^\circ$ , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante.	

**Tabla 41**  
*Velocidad de diseño, distancia de visibilidad de parada y índice de curvatura*

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

(Instituto Nacional de Vías, 2008), el análisis de visibilidad en curvas cóncavas tiene en cuenta las restricciones nocturnas y estima la longitud de la carretera visible como la distancia de visibilidad. La altura de las luces delanteras del vehículo (H), que se asume en 0.60 metros, y el ángulo de divergencia del haz de luz hacia arriba ( $\alpha$ ), que equivale a un grado ( $1^\circ$ ) con respecto al eje longitudinal del vehículo, son los factores que determinan esta distancia. Para una distancia de parada menor a la longitud es:

**Figura 31**  
*Longitud de curva cóncava INVIAS-2008*

$$L_{\min} = \frac{A \times (D_P)^2}{200 \times (H + D_P \times \tan \alpha)}$$

Donde:

- D<sub>P</sub>: Distancia de visibilidad de parada, en metros.
- H: Altura de los faros delanteros del vehículo, igual a sesenta centímetros (0.60 m).
- α: Ángulo de divergencia de los rayos de luz de los faros delanteros. α = 1°.
- A: Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%).

Cuando la distancia de parada es mayor a la longitud, se presenta la siguiente expresión:

**Figura 32**  
*Ecuación de longitud de curva cóncava para D<sub>P</sub> > L<sub>min</sub> INVIAS-2008*

$$L_{\min} = 2 \times D_P - \frac{120 + 3.5 \times D_P}{A}$$

Según la (Ministerio de Obras Públicas, 2022), el cálculo de la distancia de frenado durante la noche se basa en un obstáculo fijo que debe estar dentro del área iluminada por los faros del vehículo.

**Figuras 33**  
*Longitud de curva vertical Chile-2022*

$$\text{Luego: } K_c = D_p^2 / (1,2 + 0,035 D_p)$$

**Tabla 42**

*Velocidad de proyecto y kv de curvas cóncavas y convexas Chile-2022*

Velocidad de Proyecto VP (km/h)	CURVAS CONVEXAS Kv			CURVAS CONCAV AS Kc
	V. =Vp km/h	V* =Vp + 5 km/h	V* =Vp + 10 km/h	Vp km/h
30	300	300	320	400
40	400	500	600	600
50	700	950	1100	1000
60	1200	1450	1800	1400
70	1800	2350	2850	1900
80	3000	3550	4400	2600
90	4700	5100	6000	3400
100	6850	7400	8200	4200
110	9850	10600	11000	5200
120	14000	15100	16000	6300

**Nota:** Velocidad para Verificar Dp y Seleccionar Kv

#### 2.2.7.4. Pendiente máxima

Es recomendable considerar las pendientes máximas indicadas en la **TablaNº 43**. Sin embargo, hay circunstancias específicas a tener en cuenta. Cuando se trate de terrenos accidentados o empinados, los valores máximos establecidos en la **Tabla Nº43** se reducirán en un 1% en áreas con una altitud superior a los 3000 metros sobre el nivel del mar (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

**Tabla 43**

*Pendientes máximas DG-2018*

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

(Vialidad Nacional, 2010), el Resumen de características de diseño geométrico para cada categoría de carretera establece las pendientes máximas para las rasantes. Las velocidades de operación uniformes se logran con el uso de estas pendientes máximas deseables, especialmente en carreteras de mayor categoría que tienen menos variaciones de velocidad. En resumen, siempre y cuando todos los demás factores estén en condiciones similares, esto contribuye a proporcionar un nivel de servicio más alto en las carreteras de categoría superior en comparación con las de categoría inferior.

(Instituto Nacional de Vías, 2008), la pendiente máxima de una tangente vertical está directamente relacionada con la velocidad a la que circulan los vehículos, y el tipo de vía que se está diseñando afecta esta velocidad. En las vías primarias, se establecen pendientes máximas que consideran velocidades altas, generalmente entre 60 y 130 km/h. Las vías terciarias tienen pendientes máximas y velocidades más bajas, que oscilan entre 20 y 60 km/h. Esto se debe a que las vías terciarias suelen tener superficies de rodadura de menor calidad, lo que reduce la velocidad de circulación.

**Tabla 44**

*Velocidad del tramo homogéneo versus el tipo de terreno INVIAS-2008*

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

**Nota:** "V TR" velocidad del tramo tangente /homogéneo

Se aconseja evitar pendientes menores al 0.5% en las secciones de la



carretera que están excavadas en el terreno natural; si es necesario, se pueden utilizar pendientes horizontales en situaciones en las que los canales adyacentes puedan proporcionar la inclinación necesaria para el drenaje y la calzada tenga una elevación en el centro igual o superior al 2%. En términos generales, se recomiendan no exceder los valores máximos de pendiente que se encuentran en la tabla de referencia, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Tabla 45**  
*Velocidad de diseño y pendiente INVIAS-2008*

Orografía	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno Montañoso	Terreno Escarpado
Velocidad (Km/h)				
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
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

Según el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), en las carreteras con elevaciones constantes superiores al 5%, es necesario establecer zonas de descanso de alrededor de 500 metros de longitud y con pendientes no superiores al 2%, alrededor de cada tres kilómetros de distancia. La frecuencia y ubicación de estos tramos de descanso se determinarán de manera que se obtengan los mayores beneficios y se minimicen los aumentos en el costo de construcción. En general, cuando se construyen carreteras con pendientes superiores al 10%, se sugiere que la longitud del tramo con estas pendientes no supere los 180 metros. El tipo de tráfico que circulará por la vía requerirá un análisis específico a mayores distancias. En curvas con radios de menos de 50 metros, se debe evitar usar pendientes que superen el 8% porque esto aumentará significativamente la

pendiente en el lado interior de la curva.

El diseñador de la carretera buscará utilizar las pendientes más bajas que sean adecuadas para la topografía del terreno en el que se encuentra el trazado. Es razonable utilizar pendientes moderadas en carreteras con un alto flujo de tráfico porque la mayor capacidad de la vía y los costos de operación reducirán los mayores costos de construcción, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

Según (Ministerio de Obras Públicas, 2022), en caminos que atraviesan áreas montañosas y a altitudes superiores a los 2.500 metros sobre el nivel del mar, se debe establecer una restricción en la pendiente máxima según los valores indicados en la **Tabla N°46**.

**Tabla 46**

*Pendiente en función a la altura media sobre el nivel del mar Chile-2022*

ALTURA S.N.M.	VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)					
	30	40	50	60	70	80
2.500 - 3.000 m	9	8	8	7	7	(7/5)
3.100 - 3.500 m	8	7	7	6,5	6,5	(6/5)
Sobre 3.500 m	7	7	7	6	6	5/4,5

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997), la velocidad de diseño de una carretera, la composición del tráfico y el tipo de terreno por el que atraviesa determinan las pendientes máximas permitidas. Las pendientes máximas recomendadas según el tipo de terreno son las siguientes:

**Tabla 47***Pendiente en función del tipo de terreno MTC-1997*

Terreno llano	De 2% a 3%
Terreno ondulado	De 3% a 7%
Terreno montañoso	De 5% a 12%

**2.2.7.5. Pendiente mínima**

Para garantizar un drenaje adecuado de las aguas superficiales en todas las áreas de la calzada, es recomendable proporcionar una pendiente mínima de aproximadamente 0.5% en la carretera; sin embargo, situaciones específicas como las siguientes pueden ocurrir: Si la carretera tiene un bombeo del 2% y no tiene bermas ni cunetas, se pueden permitir pendientes de hasta el 0.2%. Si el bombeo es del 2.5%, también se pueden aplicar pendientes de cero grados, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

(Instituto Nacional de Vías, 2008), la longitud de la rasante deberá tener un pendiente mínimo que garantice, en particular, un adecuado vertido del agua de lluvia tanto en el firme de la vía como en los desagües. Para garantizar el correcto funcionamiento de las cunetas, se aconseja una pendiente mínima del 5%. Se puede considerar una pendiente mínima a 0.3% en terreno nivelado o en circunstancias en las que no se puede lograr el pendiente deseado. La elección entre estos dos valores debe basarse en variables como la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, así como la disponibilidad de espacio para proyectos de dragado como alcantarillas y desagües.

(Vialidad Nacional, 2010), en ciertas situaciones, puede ser necesario

establecer pendientes longitudinales mínimas en algunos proyectos: Se considera aceptable una pendiente nula en caminos rurales sin cordones siempre y cuando la superficie de la calzada tenga el bombeo adecuado para drenar el agua hacia los lados. El estándar de bombeo para caminos pavimentados es del 2 % y para superficies de grava del 3 %. El bombeo y la pendiente longitudinal se combinan para lograr el drenaje superficial. Para garantizar un buen drenaje, la pendiente longitudinal en cunetas y puentes siempre debe ser del 0,5% o más. En curvas peraltadas en calzadas divididas con una barrera tipo New Jersey, el agua de lluvia que cae en la parte exterior de la curva es interceptada por la barrera, que se comporta como un cordón en términos de drenaje y tiene una pendiente mínima. Si la pendiente obtenida mediante la inclinación de los taludes interiores en la mediana resulta insuficiente, el drenaje central puede requerir que se incline la rasante en caminos con calzadas separadas.

#### **2.2.8. Diseño transversal**

El diseño geométrico de la sección transversal de una carretera representa cómo los diferentes componentes de la carretera se ubican en un plano vertical que corta perpendicularmente al alineamiento horizontal de la carretera. La disposición, las dimensiones y las relaciones de estos elementos con el terreno natural que rodea la carretera se detallan en este diseño en cada punto de su recorrido. Es importante tener en cuenta que la sección transversal no es uniforme a lo largo de toda la carretera porque está compuesta por varios elementos cuyos tamaños, formas y relaciones varían según sus funciones específicas, así como las condiciones del terreno y el trazado en cada ubicación de la carretera, (Ministerio de Transportes y

Comunicaciones, 2018).

(Vialidad Nacional, 2010), la intersección de un camino con un plano vertical que es perpendicular a la proyección horizontal de su eje se conoce como sección transversal de un camino. Las características de esta sección pueden ser de dos tipos: geométricas, que son visibles y se refieren a las formas, posiciones y dimensiones de los elementos superficiales necesarios para desempeñar su función específica; y estructurales, que son invisibles pero esenciales. Además de la planimetría y la altimetría, las características geométricas forman parte de la representación práctica y sistemática del diseño vial. Estas características generalmente permanecen consistentes a lo largo de extensos tramos de la carretera y, si cambian, lo hacen lentamente.

Para la norma (Instituto Nacional de Vías, 2008), la sección transversal de una carretera representa los componentes de la vía en un plano que es perpendicular a su eje.

(Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2012), la sección transversal de una carretera está compuesta por varios componentes, como carriles de circulación, sobre anchos, espaldones y dispositivos de seguridad. Su disposición se establece de acuerdo con las normas vigentes y la Clasificación Funcional de las vías. La sección transversal de la calzada se diseña de manera que haya una inclinación gradual desde el centro hacia los bordes, conocida como "bombeo" en los tramos rectos de la carretera. Esta inclinación se hace para permitir que el agua se drene bien hacia los lados de la carretera y evitar que se acumule en la superficie de la carretera, esto ayuda

a mantener la carretera segura y accesible para la circulación.

(Ministerio de Obras Públicas, 2022), la sección transversal de una carretera es esencial para representar las características geométricas de la carretera en un plano perpendicular a la superficie vertical que contiene su eje, esta representación cambia a lo largo de la carretera debido a la variedad de elementos que la componen, y se adapta a las necesidades y condiciones del terreno específicas en cada ubicación, esto garantiza que la carretera funcione de manera eficiente y segura en todas sus partes.

#### **2.2.8.1. Ancho de calzada**

La calzada es una sección de una carretera que está diseñada para permitir el tránsito de vehículos y consta de uno o más carriles. Los carriles son segmentos de la calzada que permiten que unas filas de vehículos circulen en la misma dirección. Es importante tener en cuenta que la berma, que es otra sección de la carretera, que no está incluida en la calzada, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

(Vialidad Nacional, 2010), en áreas rurales, se emplea con frecuencia un perfil en diedro, lo que significa que la calzada tiene una forma de dos aguas, es decir, se inclina uniformemente desde el centro hacia ambos lados, en caminos de calzada indivisa. Es común redondear el centro de la calzada, donde se encuentran estas dos pendientes, con un arco de curva para hacer las maniobras de adelantamiento más suaves y mejorar la comodidad de los conductores.

La calzada, dentro de la corona de la carretera, está destinada al

tráfico de vehículos y consta de dos o más carriles, siendo un carril una franja lo suficientemente ancha para que circule una fila de vehículos. Las calzadas pueden estar pavimentadas o no, y si lo están, se encuentran entre los bordes internos de las bermas. La demarcación de carriles y el ancho total de la calzada deben cumplir con las normativas establecidas en el (Instituto Nacional de Vías, 2008), el ancho de la calzada se determina considerando la categoría de la carretera, las características del terreno y la Velocidad de diseño del tramo homogéneo ( $V_{TR}$ ). Para carreteras de una sola calzada.

**Tabla 90**

*Velocidad de diseño y tipo de terreno INVIAS-2012*

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO ( $V_{TR}$ ) (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-
	Montañoso	-	-	-	-	7.30	7.30	7.30	7.30	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	7.00	7.00	7.00	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	7.00	7.30	7.30	7.30	-	-	-
	Montañoso	-	-	6.60	7.00	7.00	7.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	6.00	6.60	7.00	-	-	-	-	-
Terciaria	Plano	-	-	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	6.00	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	6.00	6.00	-	-	-	-	-	-	-	-

Una calzada es una sección específica de una carretera con características materiales y geométricas. Esta sección de la carretera es capaz de soportar una gran cantidad de vehículos y permite que los automóviles se desplacen de manera cómoda y segura. La calzada está formada por dos o más pistas, cada una de las cuales es una división de la calzada que puede acomodar una fila de vehículos que se mueven en una dirección específica. Las áreas de la calzada y las bermas pueden ser

similares y ofrecer el mismo servicio cuando no hay pavimento en la carretera; sin embargo, los sobreechamientos de la plataforma de la carretera limitarán estas áreas desde un punto de vista de diseño transversal. Los sobreechamientos son extensiones de la plataforma que tienen características técnicas distintas al resto de la carretera y se utilizan para una variedad de propósitos (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Tabla 91**  
*Elementos horizontales y categoría de vía Chile-2022*

NÚMERO DE CALZADAS Y CATEGORÍA	VELOCIDAD PROYECTO (km/h)	ANCHO PISTAS "a" (m) (f)	ANCHO BERMAS		ANCHO SAP (3)			
			"b" INTER (m)	"be" EXTER (m)	"Si" INTER (m)	"Se" EXTER (m)		
CALZADAS UNIDIRECCIONALES	AUTOPISTA	120	3,5	1,2	2,5	0,5 - 0,8	1,5	
		100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	
		80	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	0,8	
	PRIMARIO Y AUTORRUTA	100	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	
		90	3,5	1,0	2,5	0,5 - 0,8	1,0	
		80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	
	COLECTOR	80	3,5	1,0	2,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	
		70	3,5	0,6 - 0,70	1,5	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	
		60	3,5	0,6 - 0,70	1,0	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8(4)	
CALZADA BIDIRECCIONAL	PRIMARIO	COLECTOR	100 - 90	3,5	-	2,5	-	1,0
			80	3,5	-	2,0	-	0,5 - 0,8
			80	3,5	-	1,5	-	0,5 - 0,8
			70	3,5	-	1,0 - 1,5 (2)	-	0,5 - 0,8
			60	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 (2)	-	0,5 - 0,8
	DESARROLLO	LOCAL	50	3,0 - 3,5	-	0,5 - 1,0 (2)	-	0,5
			40	3,0	-	0,0 - 0,5 (2)	-	0,5
			30	2,0 - 3,0	-	0,0 - 0,5 (2)	-	0,5

Para el (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997), la calzada es un área perteneciente a la carretera que está reservada para el tránsito de vehículos.



- **Ancho de la calzada en tangente**

El nivel de servicio deseado al final del período de diseño determinará el ancho de la calzada en tramos rectos. Por lo tanto, se realizará un análisis de capacidad y niveles de servicio para determinar el número de carriles y su ancho, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- **Ancho de tramos en curva**

Los tramos rectos tendrán anchos de calzada más altos que los sobre anchos necesarios en las curvas. Esto se hace para garantizar que las curvas tengan suficiente espacio para acomodar las trayectorias de los vehículos y para mantener la seguridad y la comodidad de los conductores. El radio de la curva y otros factores geométricos determinan los sobre anchos, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

### **2.2.8.2. Berma**

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), define una berma, que es una franja de terreno adyacente a la calzada de una carretera. Esta franja de terreno cumple dos funciones: confina la capa de rodadura de la carretera y sirve como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en situaciones de emergencia. La berma debe construirse con un nivel y una inclinación similares a la superficie de la calzada y generalmente se fabrica con materiales similares a la capa de rodadura de la calzada.

Las franjas de terreno adyacentes a la calzada, también conocidas como bermas, están diseñadas de acuerdo con ciertos estándares en carreteras de bajo tránsito. Estos estándares son los siguientes: Las bermas deben tener una pendiente del 4% hacia el exterior de la plataforma de la

carretera en tramos rectos. La berma debe tener la misma inclinación que el peralte (inclinación lateral de la carretera) si está en el lado inferior. Si la inclinación es mayor al 4%, debe tener la misma inclinación que el peralte. La inclinación de la berma será del 4% si el peralte es menor al 4%. Para que el agua escurra hacia la cuneta, si la berma está en la parte superior del peralte, se debe tratar de inclinarla en sentido contrario al peralte, también del 4%. La distancia entre la berma superior y la calzada no debe ser mayor al 7%. Esto significa que la sección transversal de la berma será horizontal cuando la inclinación del peralte es del 7%. Si el peralte es superior al 7%, la berma superior tendrá una inclinación hacia la calzada igual a la del peralte menos 7%. Estas pautas se aplican específicamente en carreteras de bajo tránsito para garantizar un buen diseño de bermas y un buen drenaje de agua en la carretera, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

La berma es un área de tierra que se encuentra entre la cuneta y el borde de la calzada (la parte de la carretera que está destinada a la circulación de vehículos). Hace muchas cosas importantes en una carretera, como; Protección: La berma protege el pavimento y las capas inferiores de la carretera de la erosión e inestabilidad provocadas por el agua y otros factores ambientales, detenciones ocasionales: Las bermas permiten que los vehículos se detengan ocasionalmente en caso de emergencia o necesidad, como paradas rápidas o cambios de neumáticos, luz libre lateral: mantener una distancia libre lateral entre la calzada y las áreas adyacentes, como terrenos naturales o estructuras, puede aumentar la percepción de amplitud de la carretera y, por lo tanto, mejorar la capacidad de la vía, espacio para

maniobras de emergencia: Las bermas mejoran la seguridad de las carreteras al brindar más espacio para maniobras de emergencia. Los factores como la categoría de la carretera, el tipo de terreno y la velocidad de diseño del tramo de la carretera determinan el ancho de las bermas. Esto asegura que las bermas cumplan sus funciones de acuerdo con las características particulares de la carretera, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Tabla 50**

*Berma según categoría de carretera INVIAS-2008*

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO ( $V_{TR}$ ), km/h									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas <sup>1</sup>	Plano	-	-	-	-	-	-	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Ondulado	-	-	-	-	-	-	2.0/1.0	2.0/1.0	2.5/1.0	2.5/1.0
	Montañoso	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	2.0/1.0	-
	Escarpado	-	-	-	-	-	1.8/0.5	1.8/0.5	1.8/0.5	-	-
Primaria de una calzada	Plano	-	-	-	-	-	-	2.00	2.00	2.50	-
	Ondulado	-	-	-	-	-	1.80	2.00	2.00	2.50	-
	Montañoso	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	1.80	-	-
	Escarpado	-	-	-	-	1.50	1.50	1.80	-	-	-
Secundaria	Plano	-	-	-	-	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Ondulado	-	-	-	1.00	1.00	1.50	1.80	-	-	-
	Montañoso	-	-	0.50	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
	Escarpado	-	-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-
Terciaria <sup>2</sup>	Plano	-	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Ondulado	-	0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-
	Montañoso	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-
	Escarpado	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-	-	-	-

(Vialidad Nacional, 2010), las banquinas, también conocidas como bermas, son zonas que rodean la calzada de una carretera. Se construyen estas bermas a lo largo de la vía según la norma argentina. Las bermas son esenciales en la sección transversal de la carretera porque cumplen una variedad de funciones, incluida la creación de espacio adicional, la protección del pavimento y la capacidad de permitir maniobras de emergencia.

Para evitar diferencias significativas de pendiente en la transición entre la calzada y la berma, la AASHTO (Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transporte) recomienda tener en cuenta la pendiente transversal de la calzada al diseñar las bermas. Además, se menciona que

las bermas deben ser más rugosas o ásperas para evitar que los conductores circulen por ellas, ya que su objetivo principal es servir como zona de emergencia y no como carril de circulación.

En resumen, las bermas son partes cruciales de las carreteras que se utilizan para una variedad de propósitos y deben diseñarse minuciosamente para garantizar que la vía sea segura y eficiente.

**Tabla 51**

*Tipo de carretera y ancho de banquina Vialidad-2010*

Tipos	Categoría	V (km/h)	Banquina		
			C/Pav m	S/Pav m	Total m
CARRETERA	II	120	1	2	3
		100	1	2	3
		70	1	1	2
		50	0,5	1,5	2
COMÚN	III	110	0,5	2,5	3
		90	0,5	2,5	3
		60	0,5	1,5	2
		40	0,5	1	1,5
BAJO VOLUMEN	IV	100	-	3	3
		70	-	3,3	3,3
		50	-	2	2
	V	30	-	1,5	1,5
		90	-	2	2
		50	-	2	2
		30	-	1,5	1,5
		25	-	5	5

Según (Ministerio de Obras Públicas, 2022), las franjas que se encuentran en los lados del pavimento de una carretera se denominan bermas. Estas bermas pueden ser construidas con una variedad de materiales, como pavimento de hormigón, capas asfálticas, tratamiento superficial o una extensión de la capa de grava en caminos que no están pavimentados. Las bermas cumplen múltiples funciones importantes:

Protección del pavimento: Las bermas protegen el pavimento y las

capas inferiores de la erosión e inestabilidad causadas por el clima u otras causas, espacio para detenciones ocasionales: Las bermas brindan al vehículo más espacio para detenerse brevemente para hacer una pausa o dejar pasar a otros vehículos; Aumento de la capacidad de la vía: la presencia de bermas en el lado de la carretera crea una "luz libre lateral" que puede influir psicológicamente en los conductores, haciéndoles sentir más cómodo y seguros al aumentar la sensación de espacio, esto puede mejorar la capacidad de la vía al disminuir la ansiedad del conductor; espacio para maniobras de emergencia: En caso de situaciones de emergencia, como detenerse para evitar un accidente o permitir el paso de vehículos de emergencia, las bermas ofrecen espacio adicional. En resumen, las bermas son un componente esencial de una carretera y cumplen una variedad de funciones, como proteger el pavimento, mejorar la seguridad y la capacidad de la vía y proporcionar espacio para detenciones y maniobras de emergencia. El buen funcionamiento de una carretera depende de su diseño y construcción.

### **2.2.8.3. Bombeo**

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), es necesario aplicar una leve inclinación transversal conocida como "bombeo" en tramos de carreteras rectas o curvas donde la inclinación de la calzada se opone al peralte requerido.

El objetivo principal de este bombeo es facilitar el drenaje de las aguas de la superficie de la carretera. El tipo de superficie de la carretera y los niveles de precipitación en la región determinan la inclinación transversal

requerida, es decir, el bombeo.

**Tabla 52**  
*Tipo de superficie y bombeo DG-2018*

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3.0
Afirmado	3.0-3.5	3.0-4.0

Para facilitar la eliminación del agua superficial, se requiere una inclinación transversal en las calzadas en las secciones rectas entre curvas horizontales, conocida como "bombeo". La inclinación necesaria varía según el tipo de superficie de rodadura utilizada en la carretera, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

**Tabla 53**  
*Tipo de superficie y bombeo INVIAS-2008*

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	BOMBEO %
Superficie de concreto hidráulico o asfáltico	2
Tratamientos superficiales	(2-3)
Superficie de tierra o grava	(2-4)

Por lo general, se selecciona la pendiente más baja porque garantiza un drenaje superficial adecuado y está dentro de los límites aceptables para una circulación segura del tráfico. Los bombeos normales que superan el 3 % pueden causar incomodidad para los conductores y aumentar la probabilidad de que los vehículos derrapen al frenar sobre pavimento mojado (Vialidad Nacional, 2010).

De acuerdo con la superficie de rodadura y la intensidad de las

precipitaciones, en milímetros por hora, propia de la zona donde se ubica. Para asegurar un drenaje adecuado de agua de lluvias en la superficie de la carretera. Los valores los proporciona la tabla, que en ciertos casos indica un rango dentro del cual el diseñador debe ajustar su elección. Teniendo en cuenta las condiciones climáticas particulares y las diferencias en la rugosidad de la superficie.

**Tabla 54**

*Tipo de superficie y bombeo Chile-2022*

Tipo de Superficie	Pendiente Transversal	
	i) $\leq 15\text{mm/h}$	ii) $> 15\text{mm/h}$
Pav. de Hormigón o Asfalto	2,0	2,5
Tratamiento Superficial	3,0	3,5
Tierra, Grava, Chancado	3,0 - 3,5	3,5 - 4,0

**Nota:** "i" intensidad (mm/h)

Según la (Ministerio de Obras Públicas, 2022), puede diseñarse de tal manera que incluya un punto elevado en el centro de la calzada y una sección transversal con una pendiente que favorezca el drenaje en dos direcciones opuestas, como se muestra en la **Tabla N°54**. En términos de drenaje, esta configuración es extremadamente ventajosa porque reduce la cantidad de agua que fluye hacia los bordes de la calzada.

Según (Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela, 1997), para mejorar el drenaje efectivo de las aguas superficiales, se recomienda que la calzada tenga una pendiente de bombeo del 2% en los segmentos rectos.

#### 2.2.8.4. Peralte

La inclinación transversal del camino en los segmentos curvos fue diseñada para compensar la fuerza centrífuga del vehículo. A menos que se

indique lo contrario en los valores específicos establecidos en las normas aplicables, las curvas horizontales generalmente deben tener un peralte adecuado.

**Tabla 55**

Valores de radio que no son necesarios peraltes DG-2018

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

**Tabla 56**

Peralte máximo en función al tipo de terreno DG-2018

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%
Zona rural (T. Plano, Odulado o Accidentado)	8.0%	6.0%
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.00	8.0%
Zona rural con peligro de hielo	8.00	6.0%

Los radios de curvatura y las velocidades de diseño especificadas en la normativa correspondiente determinarán el peralte mínimo del 2%.

**Tabla 57**

Velocidad de diseño y rangos de radios de curvatura DG-2018

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5000 \leq R < 7,500$
$40 \leq v < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

**Tabla 58**

Velocidad específica, peralte máximo, radio mínimo INVIAS-2008

VELOCIDAD ESPECÍFICA ( $V_{CH}$ ) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSA $L f_{Tmax}$	TOTAL $e_{max} + f_{Tmax}$	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEAD O
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123



Para la norma (Vialidad Nacional, 2010), en las zonas rurales, los caminos de una sola calzada suelen tener una forma de diedro, con una pendiente uniforme en cada mitad de la calzada y una cresta central que es aconsejable suavizar mediante una curva para facilitar las maniobras de adelantamiento.

### **2.2.9. Información Hidrológica y Meteorológica**

La información hidrológica y meteorológica para utilizar en el estudio deberá ser proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI), entidad que es el ente rector de las actividades hidrometeorológicas en el país. En lugares en que no se cuenta con la información del SENAMHI, y de ser el caso se recabará información de entidades encargadas de la administración de los recursos hídricos del lugar, previa verificación de la calidad de la información, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012).

#### **2.2.9.1. Evaluación de la Información Hidrológica**

Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, generalmente se utilizan métodos indirectos para la estimación del caudal de diseño, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2012).

#### **2.2.9.2. Enfoques para la especialización de la precipitación**

(Ministerio del Ambiente, 2014), diferentes técnicas se han utilizado para los propósitos de especialización de la precipitación, a partir de datos obtenidos en las redes de medición, lo cual implica casi siempre llevar a cabo

las tareas de exploración, descripción y predicción del comportamiento espacial de una o varias variables sobre el dominio de estudio.

- **Métodos deterministas**

Diferentes autores (Isaaks y Srivastava, 1989; Burrough y McDonnell, 1998), presentan una revisión completa de los diversos métodos deterministas clásicos para generar superficies continuas de variables espaciales a partir de valores medidos puntualmente, como por ejemplo el vecino cercano, el método lineal, el método del inverso de la distancia elevada a un exponente, los splines, la interpolación cúbica y bicúbica, (Ministerio del Ambiente, 2014, p.18).

### 2.2.9.3. Método de ponderación inverso a la distancia (IDW)

Este algoritmo calcula los valores de las celdas por medio de una composición ponderada de los datos de la muestra, el modelo sugiere que el resultado predicho reduce su incidencia en la medida en que aumenta la separación entre el punto a evaluar y los puntos de su entorno, (Ministerio del Ambiente, 2014).

$$Z = \left( \frac{\sum \left( \frac{Z_i}{d_i^n} \right)}{\sum \left( \frac{1}{d_i^n} \right)} \right)$$

Donde “Z” es el valor para interpolar, “Z<sub>i</sub>” son los valores de los puntos vecinos, y “d” Distancia entre los puntos vecinos y el punto de la celda a predecir, “n” es la potencia a la cual se eleva la distancia, que oscila entre 0.5 a 4. Para este estudio, el parámetro de potencia se fija para que sea igual a 2, (Ministerio del Ambiente, 2014, p.19).

### 2.2.9.4. Detección de datos Atípicos en la serie

(Querpon, 2020), los “datos atípicos” son definidos como registros que se alejan significativamente de la tendencia observada en la muestra (suponiendo que se encuentra normalmente distribuidos). La retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos, especialmente en muestras pequeñas.

**Tabla 59**

*Valores  $K_n$  para prueba de datos atípicos (Council, 1981)*

Tamaño de muestra	$K_n$	Tamaño de muestra	$K_n$	Tamaño de muestra	$K_n$	Tamaño de muestra	$K_n$
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,486	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,682	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,700	80	2,940
15	2,247	29	2,549	43	2,710	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,727	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078
21	2,408	35	2,628	49	2,76	130	3,104
22	2,429	36	2,639	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,65	55	2,804		

## 2. 3. Marco conceptual

A continuación, describiremos brevemente los términos que se utilizaron a lo largo de la tesis y harán que se entienda de mejor manera todo lo que se quiera transmitir.

### Camino

Algunos acostumbran a denominar caminos a las vías rurales destinadas a un mínimo número de vehículos con características no modernas, (Villalaz, 1979).

### Carretera

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada 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, (Grisales, 2013).

### **Consistencia de diseño**

La consistencia es un concepto utilizado, entre otros, para evaluar parte de la seguridad en las carreteras, tanto en la fase de diseño como en la de operación, (John et al, 2014).

### **Velocidad percentil**

Es aquella velocidad no superada por el 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo las condiciones de tránsito prevalecientes, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

### **Velocidad específica**

Es la máxima velocidad a la cual se puede circular por un elemento del trazado, considerado individualmente, en condiciones de seguridad y comodidad, encontrándose el pavimento húmedo, los neumáticos en buen estado y sin que existan condiciones meteorológicas, condiciones de tránsito, manifestándose en el estado del pavimento o del entorno de la vía, que impongan limitaciones a la velocidad, (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

### **Velocidad del proyecto**

Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que sólo podrán ser empleados en la medida que

estén precedidos por otros (en ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que se está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además deberá estar debidamente señalizado (Ministerio de Obras Públicas, 2022).

### **Clototoide**

Es una curva de dos ramas desde curvatura (menos infinito) hasta (más infinito) y longitud determinada desde (menos infinito) hasta (más infinito) con variación uniforme; es decir, curvatura directamente proporcional a la longitud, o radio de curvatura inversamente proporcional a la longitud, (Vialidad Nacional, 2010).

### **Calzada**

La calzada es la parte de la corona destinada a la circulación de los vehículos y está constituida por dos o más carriles, entendiéndose por carril la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos, (Instituto Nacional de Vías, 2008).

### **Hidrología**

La hidrología puede definirse como la ciencia que estudia la distribución y movimientos del agua en el medio natural, sobre los continentes, (B. Giai, 2008).

### **Precipitación**

Precipitación es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre, esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo, (Roman, 2022)

### **Meteorología**

(Enriquez L., 2021), la Meteorología es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades Y de los fenómenos que en ella

tienen lugar, los llamados meteoros

### **Senamhi**

Organismo público ejecutor adscrito al Ministerio del Ambiente, tiene como misión generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático para la sociedad peruana de manera oportuna y confiable, contribuyendo de esta manera a la reducción de los impactos negativos producidos por los fenómenos naturales de origen hidrometeorológico, (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 1969).

### **Carril**

Parte de la calzada destinada al tránsito de una fila de vehículos, (SUTRAN,2009).

### **3. Metodología de la Investigación**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis General**

Las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay- 2023, no están adecuadamente diseñados y constituidos.

##### **3.1.2. Hipótesis Específicas.**

- a) Las características geométricas del diseño geométrico horizontal de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, no están adecuadamente diseñados y constituidos.
- b) Las características geométricas del diseño geométrico vertical de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos- Abancay-2023, no están adecuadamente diseñados y constituidos.
- c) Las características geométricas del diseño geométrico transversal de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, no están adecuadamente diseñados y constituidos.

### **3.2. Método**

“El método deductivo se apoya en principios teóricos específicos y procedehacia la formulación de hechos o practicas particulares”, (Castellano, 2017, p.11).

La tesis realizada se apoya sobre los cimientos teóricos, leyes y enunciadosdelimitados en la normativa vial correspondiente a cada uno de los Países Andinos para terminar en conclusiones, recomendaciones y explicaciones a eventos particulares a la hora de realizar una tesis sobre la trocha carrozable puente Huayquipa –Huayquipa.

### **3.3. Tipo de investigación**

Según (Arias, 2012, p.22), “la generación de un conocimiento nuevo que puede tener como objetivo ampliar los fundamentos teóricos de una ciencia en particular, esto se puede referir a investigaciones de naturaleza básica”.

Los resultados de la tesis “Evaluación y comparación de las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos, Abancay-2023”, suman elementos teóricos que aportan propuestas nuevas en el diseño geométrico de trochas carrozables.

### **3.4. Nivel o alcance de investigación**

El objetivo principal de los estudios descriptivos es proporcionar una descripción exhaustiva de las características, rasgos y perfiles de individuos, grupos, comunidades, procesos, cosas u otros fenómenos estudiados. En otras palabras, su atención se centra en recopilar datos sobre conceptos o



variables en lugar de buscar necesariamente en las conexiones o relaciones entre ellos, (Sampieri, 2014, p.92).

Durante desarrollo de la tesis se realizó mediciones, agrupando información mediante levantamiento topográfico y empleando las respectivas normativas de cada uno de los países Andinos, con la finalidad de describir el estado situacional y realizar una propuesta apropiada de diseño geométrico de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa.

### **3.5. Diseño de investigación**

En un estudio no experimental, las situaciones no son generadas deliberadamente; en cambio, se observan tal como se presentan en su estado natural sin intervención directa del investigador. Dado que estos factores no son controlados de manera directa y ya han ocurrido sus efectos, las variables independientes en la tesis no experimental se manifiestan de manera espontánea y no pueden ser alteradas, (Sampieri, 2014, p.152).

En la tesis presente existe nula manipulación física de las características geométricas, dichas características obtenidas abordan la realidad existente sin ser este influido de manera directa.

### 3.6. Operacionalización De Variables

**Tabla 60**

*Operacionalización de variable independiente*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	ESCALA DE MEDICION	
<p><b><u>Características geométricas de la trocha carrozable</u></b></p> <p>Las características geométricas de una carretera implican la integración y sincronización de sus elementos físicos, como las alineaciones, pendientes, características de operación y factores climáticos. En esencia, el diseño se trata de armonizar estos componentes físicos de la carretera (José, 2001, p.193).</p>	<p><b><u>Diseño Geométrico Horizontal</u></b></p> <p>El alineamiento horizontal está formado por segmentos rectos definidos por una línea inicial que están conectados por curvas circulares o de curvatura variable. Esto se hace para lograr una transición suave y segura entre tramos de carretera rectos y curvos, o viceversa (John Jairo A. O., 2002, p.135).</p>	Velocidad de Diseño	2.2.4.	Km/h	
		Distancia de Parada	2.2.5.	m	
		Radio Mínimo	2.2.6.3.	m	
		Sobreeanchos	2.2.6.4.	m	
		<b><u>Diseño Geométrico Vertical</u></b>	longitud de curva convexa	2.2.7.2	m
		El trazado de perfil es mucho más delicado, dado que si las pendientes están mal proyectadas el consumo de combustible por tonelada-kilometro será excesivo (José, 2001, p.245)	longitud de curva cóncava	2.2.7.3.	m
			Pendiente Máxima	2.2.7.4.	%
			Pendiente Mínima	2.2.7.5.	%
		<b><u>Diseño Geométrico Transversal</u></b>	Ancho de calzada	2.2.8.1.	m
		La sección es un corte vertical que se efectúa de manera perpendicular a la línea del eje horizontal de la carretera. Esta sección determina la posición, las dimensiones y la interacción de cada elemento de la carretera con el terreno circundante en un punto específico (John Jairo A. O., 2002, p.258).	Berma	2.2.8.2.	m
			Bombeo	2.2.8.3.	%
			peralte	2.2.8.4.	%

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Tabla 61**

*Operacionalización de variable dependiente*

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	ESCALA DE MEDICION
<p><b><u>Cumplimiento de las características geométricas empleando la normatividad vial de los Países Andinos</u></b></p> <p>la característica geométrica de una carretera consta de tres componentes, dos bidimensionales que son tratados de manera independiente, pero están interrelacionados. Al combinar estos componentes, se crea en última instancia una representación tridimensional sumándose una componente, cuyo resultado refleja la carretera en su conjunto (John Jairo A. O., 2002, p.44).</p>	<p><b><u>Diseño Geométrico Horizontal</u></b></p> <p>El alineamiento horizontal está formado por segmentos rectos definidos por una línea inicial que están conectados por curvas circulares o de curvatura variable. Esto se hace para lograr una transición suave y segura entre tramos de carretera rectos y curvos, o viceversa (John Jairo A. O., 2002, p.135).</p>	<p>Velocidad de Diseño</p> <p>Distancia de Parada</p> <p>Radio Mínimo</p> <p>Sobreanchos</p>	<p>2.2.4.</p> <p>2.2.5.</p> <p>2.2.6.3.</p> <p>2.2.6.4.</p>	<p>Km/h</p> <p>m</p> <p>m</p> <p>m</p>
	<p><b><u>Diseño Geométrico Vertical</u></b></p> <p>El alineamiento vertical se compone de una serie de líneas rectas conectadas por curvas circulares o curvas con grados de curvaturas variables, diseñadas para permitir una transición suave y segura entre tramos de carretera rectos y curvos, o viceversa (John Jairo A. O., 2002, p.397).</p>	<p>longitud de curva convexa</p> <p>longitud de curva cóncava</p> <p>Pendiente Máxima</p> <p>Pendiente Mínima</p>	<p>2.2.7.2</p> <p>2.2.7.3.</p> <p>2.2.7.4.</p> <p>2.2.7.5.</p>	<p>m</p> <p>m</p> <p>%</p> <p>%</p>
	<p><b><u>Diseño Geométrico Transversal</u></b></p> <p>Los componentes que componen y caracterizan la sección transversal incluyen: el ancho del área o el derecho de paso, la calzada o la superficie de rodaje, las bermas y los carriles (Piñella, 2000, p.116).</p>	<p>Ancho de calzada</p> <p>Berma</p> <p>Bombeo</p> <p>peralte</p>	<p>2.2.8.1.</p> <p>2.2.8.2.</p> <p>2.2.8.3.</p> <p>2.2.8.4.</p>	<p>m</p> <p>m</p> <p>%</p> <p>%</p>

**Fuente:** *Elaboración Propia.*

### **3.7. Población, Muestra y Muestreo**

#### **3.7.1. Población**

Al definir una población, ciertas características, se identifican que son compartidos por todos los objetos medidos, pero también se reconoce que puede haber una medida de cantidad de factores adicionales que podrían diferir entre los objetos medidos dentro de esa población. (Ernesto, 2005, p.80).

La población estudiada son todas aquellas vías descritas como trochas carrozables que se ubican en la cordillera de los andes, cuya longitud es de 7000 km y abarca siete países de Sudamérica (Perú, Chile, Colombia, Argentina, Ecuador, Bolivia, Venezuela) con una extensión de 3371 km<sup>2</sup>; compartiendo estos países características orográficas similares. La tesis siguió las directrices de la normativa vial correspondiente a cada país Andino.

#### **3.7.2. Muestra y muestreo**

Según (Frida Gisela & Maria Del Pilar, 2021), "Es una recopilación de datos que se relacionan con las características de un grupo de individuos o cosas" p.132. La muestra de la tesis es una muestra que representa a su población de estudio y posee elementos geométricos que se presentan en las trochas carrozables, así como en la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa

El muestreo estadístico se define como cualquier método de selección de individuos de una población particular que garantice que cada miembro de esa población tenga una probabilidad conocida de ser elegido, es decir, de ser incluido en la muestra que será examinada, (Ernesto, 2005, p.82).

El tipo de muestreo utilizado es un muestro no probabilístico que según (Roberto et al, 2006, p.262),” Conocidas como muestras selectivas, implican un procedimiento de selección informal”. Se tiene que tener en claro que una muestra no probabilística se elige por las características que solícito mi tesis según el tema específico abordado, con la finalidad de obtener mayor exactitud en los resultados y su respectivo análisis, por tanto, se elegirá de forma directa la trocha carrozable puente Huayquipa- Huayquipa

### **3.8. Técnica e Instrumentos**

#### **3.8.1. Técnica**

(Roberto et al, 2006, p.374) “La observación cuantitativa, como método para recolectar datos, se refiere a un método de recopilación de datos que conlleva un registro preciso y confiable de las acciones y comportamientos que se expresan un registro preciso y confiable de las acciones y conductas que se expresan”.

Se empleó la observación como técnica para la identificación de los elementos geométricos de una carretera a nivel de trocha carrozable, la tesis se desarrolló preliminarmente con la obtención de datos topográficos con método directo en todo el tramo de la vía, y el estudio de tráfico mediante observaciones en una estación, para la correcta determinación del IMD.

#### **3.8.2. Instrumento**

(Silvestre I., citado por Rommel, 2019, p.56), en relación a este tema, se menciona que el investigador utiliza un elemento físico para recolectar datos referentes a la variable que se está estudiando. Para garantizar la exactitud de los resultados, estos dispositivos deben ser confiables y auténticos.

Para la tesis desarrollada se utilizaron los siguientes instrumentos para la recolección de datos:

- Normas de los Países Andinos (Manual de Carretera: Diseño Geométrico 2018, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras-2008 de Colombia, Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de Argentina- 2010, Norma Ecuatoriana Vial-2012 (NEVI-12), Manual de Carreteras 2022 de Chile, Normas para el Proyecto de Carreteras, MTC-1997 y el Manual de Diseño Geométrico-2007 de Bolivia).
- Levantamiento topográfico mediante GPS diferencial
- Software Civil 3D para la realización del diseño geométrico
- Software Excel y Rstudio

### **3.9. Consideraciones Éticas**

(Álvaro B., 2001, p.640), necesitamos pensar en la tesis como un método centrado en la creación y difusión de conocimiento, pero dentro de un marco ético que asegure la validez de ese conocimiento y su uso para el bien de la humanidad pensar en la tesis como un método centrado en la creación y difusión del conocimiento, pero dentro de un marco ético que asegure la validez de ese conocimiento y su uso para el bien de la humanidad.

Las consideraciones y consentimiento de la población aledaña a terrenos colindantes a la vía diseñada fueron de gran importancia para la realización de este trabajo de tesis, dado que el objetivo de la tesis fue proponer un adecuado diseño geométrico de la trocha carrozable puente Huayquipa — Huayquipa. La recolección de información tomada in situ se manejó de manera responsable y con la veracidad que corresponde a una tesis.

El uso de la herramienta Turnitin garantizara la inexistencia de plagio y la originalidad del autor.

### **3.10. Procesamiento estadístico**

Los alcances estadísticos para el procesamiento de datos se emplearon el software Rstudio y Excel, los cuales se organizaron en tablas y gráficas estadísticas que nos permitió realizar un correcto análisis de datos.

## 4. Resultados y discusión

### 4.1. Resultados

En la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, se realizó como primertrabajo un levantamiento topográfico mediante GPS diferencial Galaxy South G3 IMU, determinándose la longitud total del tramo en 09+436 km y las diferentes características geométricas: radio Mínimo, sobreanchos, Longitudes de Curva cóncava y convexa, pendientes máximas y mínimas, ancho de calzada. También se desarrolló el respectivo estudio de tránsito ubicando una estación, en la zona llamada puente Huayquipa, teniendo como resultado un IMD 21 veh/día el cual nos ayudara a proponer el adecuado diseño geométrico de la trocha carrozable.

Seleccionamos el vehículo de diseño tomando en cuenta el volumen vehicular, este volumen vehicular tiene como tamaño representativo el vehículo tipo: Auto(VL), que nos ayudara a definir ciertas características geométricas como pendientes y sobreanchos. El vehículo tipo VL es un vehículo ligero, donde las dimensiones representativas para este tipo de vehículo se encontrarán en su respectivo manual de diseño geométrico.

La norma de diseño geométrico de carreteras DG-2018 hace hincapié en las características que posee una trocha carrozable:  $IMD < 200$  veh/día y anchos de carril de 4m, de la misma manera se desarrolló una revisión exhaustiva de este tipo de vías en las normativas de los diferentes Países Andinos; como lo son : Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS-2008 de Colombia, Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial de



Argentina Vialidad-2010, Norma Ecuatoriana Vial-2012 (NEVI-12), Manual de Carreteras 2022 de Chile, Normas para el Proyecto de Carreteras MTC-1997 y el Manual de Diseño Geométrico-2007 de Bolivia; para evaluarlas, compararlas y tomar atención a sus propuestas para una trocha carrozable. También se realizó un cálculo de intensidad (mm/año) para determinar la precipitación de la zona y así proponer características de bombeo en términos porcentuales.

Se compararon las diferentes características obtenidas (in situ) de la trocha carrozable puente Huayquipa- Huayquipa tomando la filosofía de diseño de los diferentes manuales de los Países Andinos, para ello se empleó el software Civil 3D de Autodesk. Se construirán tablas que nos ayudarán a realizar los trabajos de comparación y evaluación.

#### **a) Alineamiento horizontal**

En el alineamiento horizontal se evaluó y comparo los elementos geométricos existentes en la trocha puente Huayquipa- Huayquipa, teniendo en cuenta que ya existe un alineamiento horizontal.

- **Velocidad de Diseño**

Las velocidades de diseño consideradas para la evaluación fueron escogidas teniendo como base las características de una trocha carrozable y/o la denominación análoga de estas vías, pero con las mismas características en las diferentes normas utilizadas.

**Tabla 62***Velocidad de diseño de los Países Andinos*

Velocidad de Diseño	km/h
Perú	30
Ecuador	40
Argentina	40
Venezuela	40
Colombia	40
Chile	40
Bolivia	40

**Nota:** Para el manual diseño geométrico Chile-2022 de carreteras la velocidad de diseño es sustituido por la velocidad de proyecto

- **Distancia de Visibilidad de Parada Tabla 63**

*Distancia de visibilidad de parada DG-2018*

DG-2018			
Nº	Distancia de visibilidad de Parada (Xi)	Mínima Distancia de visibilidad de Parada	Cumple/No cumple
1	30.254m	35.000m	No Cumple
2	21.537m	35.000m	No Cumple
3	20.000m	35.000m	No Cumple
4	35.000m	35.000m	Cumple
5	21.024m	35.000m	No Cumple
6	32.524m	35.000m	No Cumple
7	22.097m	35.000m	No Cumple
8	25.135m	35.000m	No Cumple
9	20.571m	35.000m	No Cumple
10	22.040m	35.000m	No Cumple
11	21.960m	35.000m	No Cumple
12	21.996m	35.000m	No Cumple
13	26.633m	35.000m	No Cumple
14	34.117m	35.000m	No Cumple
15	30.841m	35.000m	No Cumple
16	28.665m	35.000m	No Cumple
17	22.262m	35.000m	No Cumple

18	21.578m	35.000m	No Cumple
19	20.694m	35.000m	No Cumple
20	27.971m	35.000m	No Cumple
21	22.788m	35.000m	No Cumple
22	24.061m	35.000m	No Cumple
23	24.401m	35.000m	No Cumple
24	24.360m	35.000m	No Cumple
25	20.328m	35.000m	No Cumple
26	25.038m	35.000m	No Cumple
27	22.892m	35.000m	No Cumple
28	20.192m	35.000m	No Cumple
29	25.125m	35.000m	No Cumple
30	20.267m	35.000m	No Cumple
31	22.023m	35.000m	No Cumple
32	21.649m	35.000m	No Cumple
33	29.617m	35.000m	No Cumple
34	22.055m	35.000m	No Cumple
35	23.712m	35.000m	No Cumple
36	25.463m	35.000m	No Cumple
37	24.195m	35.000m	No Cumple
38	20.454m	35.000m	No Cumple
39	20.656m	35.000m	No Cumple
40	31.330m	35.000m	No Cumple
41	20.886m	35.000m	No Cumple
42	28.771m	35.000m	No Cumple
43	22.358m	35.000m	No Cumple
44	23.304m	35.000m	No Cumple
45	27.622m	35.000m	No Cumple
46	20.778m	35.000m	No Cumple
47	24.293m	35.000m	No Cumple
48	21.430m	35.000m	No Cumple
49	27.345m	35.000m	No Cumple
50	29.013m	35.000m	No Cumple
51	20.547m	35.000m	No Cumple
52	24.610m	35.000m	No Cumple
53	20.386m	35.000m	No Cumple
54	23.809m	35.000m	No Cumple
55	24.127m	35.000m	No Cumple
56	25.576m	35.000m	No Cumple
57	25.677m	35.000m	No Cumple
58	24.829m	35.000m	No Cumple
59	30.775m	35.000m	No Cumple
60	23.246m	35.000m	No Cumple

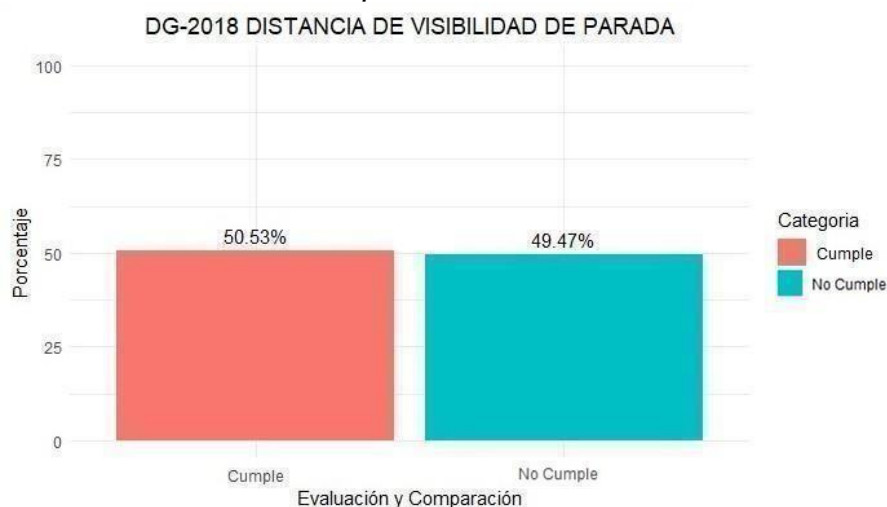
61	25.197m	35.000m	No Cumple
62	22.526m	35.000m	No Cumple
63	26.493m	35.000m	No Cumple
64	23.564m	35.000m	No Cumple
65	21.472m	35.000m	No Cumple
66	23.694m	35.000m	No Cumple
67	27.131m	35.000m	No Cumple
68	26.300m	35.000m	No Cumple
69	21.250m	35.000m	No Cumple
70	21.475m	35.000m	No Cumple
71	30.200m	35.000m	No Cumple
72	31.516m	35.000m	No Cumple
73	33.104m	35.000m	No Cumple
74	33.069m	35.000m	No Cumple
75	22.013m	35.000m	No Cumple
76	25.715m	35.000m	No Cumple
77	22.368m	35.000m	No Cumple
78	25.722m	35.000m	No Cumple
79	23.715m	35.000m	No Cumple
80	21.569m	35.000m	No Cumple
81	28.289m	35.000m	No Cumple
82	20.978m	35.000m	No Cumple
83	23.262m	35.000m	No Cumple
84	32.562m	35.000m	No Cumple
85	22.272m	35.000m	No Cumple
86	20.108m	35.000m	No Cumple
87	23.713m	35.000m	No Cumple
88	20.899m	35.000m	No Cumple
89	20.947m	35.000m	No Cumple
90	31.016m	35.000m	No Cumple
91	21.076m	35.000m	No Cumple
92	20.935m	35.000m	No Cumple
93	28.311m	35.000m	No Cumple
94	20.338m	35.000m	No Cumple
95	25.507m	35.000m	No Cumple
96	22.100m	35.000m	No Cumple
97	21.849m	35.000m	No Cumple
98	20.941m	35.000m	No Cumple
99	28.786m	35.000m	No Cumple
100	28.027m	35.000m	No Cumple
101	23.356m	35.000m	No Cumple
102	20.893m	35.000m	No Cumple
103	24.139m	35.000m	No Cumple

104	21.396m	35.000m	No Cumple
105	21.949m	35.000m	No Cumple
106	22.802m	35.000m	No Cumple
107	21.142m	35.000m	No Cumple
108	21.597m	35.000m	No Cumple
109	21.642m	35.000m	No Cumple
110	25.274m	35.000m	No Cumple
111	20.721m	35.000m	No Cumple
112	29.791m	35.000m	No Cumple
113	29.728m	35.000m	No Cumple
114	29.208m	35.000m	No Cumple
115	31.444m	35.000m	No Cumple
116	32.509m	35.000m	No Cumple
117	22.469m	35.000m	No Cumple
118	20.597m	35.000m	No Cumple
119	23.787m	35.000m	No Cumple
120	30.500m	35.000m	No Cumple
121	27.039m	35.000m	No Cumple
122	24.527m	35.000m	No Cumple
123	34.126m	35.000m	No Cumple
124	23.074m	35.000m	No Cumple
125	21.469m	35.000m	No Cumple
126	23.766m	35.000m	No Cumple
127	27.597m	35.000m	No Cumple
128	7.597m	35.000m	No Cumple

---

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se presenta solamente los datos únicos que no cumple un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°63** se compara y evalúa las distancias de visibilidad de parada, realizando la comparación con las condiciones mínimas del DG-2018 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 30 km/h.

**Figura 34***Distancia de visibilidad de parada DG-2018*

En la **figura N°34** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la distancia de visibilidad de parada de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma DG-2018.

**Tabla 64***Distancia de visibilidad de parada INVIAS-2008*

INVIAS-2008			
Nº	Distancia de visibilidad de Parada(xi)	Mínima Distancia de visibilidad de Parada	Cumple/No cumple
1	30.004m	50.000m	No Cumple
2	33.935m	50.000m	No Cumple
3	21.968m	50.000m	No Cumple
4	20.000m	50.000m	No Cumple
5	50.000m	50.000m	Cumple
6	41.745m	50.000m	No Cumple
7	22.283m	50.000m	No Cumple
8	32.223m	50.000m	No Cumple
9	27.857m	50.000m	No Cumple
10	23.551m	50.000m	No Cumple
11	35.236m	50.000m	No Cumple
12	25.785m	50.000m	No Cumple
13	22.905m	50.000m	No Cumple

14	40.582m	50.000m	No Cumple
15	20.593m	50.000m	No Cumple
16	25.903m	50.000m	No Cumple
17	43.825m	50.000m	No Cumple
18	28.629m	50.000m	No Cumple
19	23.778m	50.000m	No Cumple
20	24.467m	50.000m	No Cumple
21	28.230m	50.000m	No Cumple
22	33.519m	50.000m	No Cumple
23	22.622m	50.000m	No Cumple
24	37.191m	50.000m	No Cumple
25	26.976m	50.000m	No Cumple
26	44.271m	50.000m	No Cumple
27	30.702m	50.000m	No Cumple
28	26.245m	50.000m	No Cumple
29	26.382m	50.000m	No Cumple
30	23.374m	50.000m	No Cumple
31	27.092m	50.000m	No Cumple
32	41.188m	50.000m	No Cumple
33	22.432m	50.000m	No Cumple
34	44.329m	50.000m	No Cumple
35	30.909m	50.000m	No Cumple
36	41.674m	50.000m	No Cumple
37	21.654m	50.000m	No Cumple
38	29.386m	50.000m	No Cumple
39	47.547m	50.000m	No Cumple
40	36.370m	50.000m	No Cumple
41	37.859m	50.000m	No Cumple
42	43.932m	50.000m	No Cumple
43	24.546m	50.000m	No Cumple
44	43.801m	50.000m	No Cumple
45	29.611m	50.000m	No Cumple
46	42.474m	50.000m	No Cumple
47	26.924m	50.000m	No Cumple
48	24.286m	50.000m	No Cumple
49	33.437m	50.000m	No Cumple
50	26.341m	50.000m	No Cumple
51	21.486m	50.000m	No Cumple
52	28.073m	50.000m	No Cumple
53	45.458m	50.000m	No Cumple
54	31.095m	50.000m	No Cumple
55	28.986m	50.000m	No Cumple
56	30.949m	50.000m	No Cumple

57	43.382m	50.000m	No Cumple
58	34.007m	50.000m	No Cumple
59	33.406m	50.000m	No Cumple
60	34.965m	50.000m	No Cumple
61	29.894m	50.000m	No Cumple
62	21.724m	50.000m	No Cumple
63	26.010m	50.000m	No Cumple
64	24.938m	50.000m	No Cumple
65	42.244m	50.000m	No Cumple
66	41.618m	50.000m	No Cumple
67	43.819m	50.000m	No Cumple
68	24.911m	50.000m	No Cumple
69	47.775m	50.000m	No Cumple
70	29.511m	50.000m	No Cumple
71	43.298m	50.000m	No Cumple
72	22.798m	50.000m	No Cumple
73	33.640m	50.000m	No Cumple
74	48.567m	50.000m	No Cumple
75	25.449m	50.000m	No Cumple
76	47.426m	50.000m	No Cumple
77	48.764m	50.000m	No Cumple
78	31.703m	50.000m	No Cumple
79	42.403m	50.000m	No Cumple
80	23.014m	50.000m	No Cumple
81	23.166m	50.000m	No Cumple
82	25.121m	50.000m	No Cumple
83	45.081m	50.000m	No Cumple
84	44.735m	50.000m	No Cumple
85	29.668m	50.000m	No Cumple
86	27.463m	50.000m	No Cumple
87	20.828m	50.000m	No Cumple
88	21.709m	50.000m	No Cumple
89	22.063m	50.000m	No Cumple
90	20.998m	50.000m	No Cumple
91	44.772m	50.000m	No Cumple
92	46.257m	50.000m	No Cumple
93	32.289m	50.000m	No Cumple
94	43.270m	50.000m	No Cumple
95	29.270m	50.000m	No Cumple
96	25.608m	50.000m	No Cumple
97	22.630m	50.000m	No Cumple
98	44.238m	50.000m	No Cumple
99	42.375m	50.000m	No Cumple



100	22.847m	50.000m	No Cumple
101	31.464m	50.000m	No Cumple
102	31.314m	50.000m	No Cumple
103	23.634m	50.000m	No Cumple
104	35.801m	50.000m	No Cumple
105	21.454m	50.000m	No Cumple
106	26.204m	50.000m	No Cumple
107	27.400m	50.000m	No Cumple
108	22.947m	50.000m	No Cumple
109	33.131m	50.000m	No Cumple
110	22.371m	50.000m	No Cumple
111	21.224m	50.000m	No Cumple
112	25.468m	50.000m	No Cumple
113	31.123m	50.000m	No Cumple
114	37.639m	50.000m	No Cumple
115	38.033m	50.000m	No Cumple
116	23.424m	50.000m	No Cumple
117	43.174m	50.000m	No Cumple
118	24.193m	50.000m	No Cumple
119	25.692m	50.000m	No Cumple
120	38.842m	50.000m	No Cumple
121	47.760m	50.000m	No Cumple
122	25.635m	50.000m	No Cumple
123	27.179m	50.000m	No Cumple
124	29.429m	50.000m	No Cumple
125	25.611m	50.000m	No Cumple
126	20.048m	50.000m	No Cumple
127	22.538m	50.000m	No Cumple
128	44.916m	50.000m	No Cumple
129	21.616m	50.000m	No Cumple
130	23.463m	50.000m	No Cumple
131	27.905m	50.000m	No Cumple
132	42.953m	50.000m	No Cumple
133	42.663m	50.000m	No Cumple
134	22.126m	50.000m	No Cumple
135	21.297m	50.000m	No Cumple
136	30.405m	50.000m	No Cumple
137	38.087m	50.000m	No Cumple
138	22.074m	50.000m	No Cumple
139	22.024m	50.000m	No Cumple
140	26.761m	50.000m	No Cumple
141	29.344m	50.000m	No Cumple
142	20.746m	50.000m	No Cumple

143	28.400m	50.000m	No Cumple
144	32.652m	50.000m	No Cumple
145	30.577m	50.000m	No Cumple
146	32.999m	50.000m	No Cumple
147	26.414m	50.000m	No Cumple
148	34.132m	50.000m	No Cumple
149	20.918m	50.000m	No Cumple
150	26.497m	50.000m	No Cumple
151	28.911m	50.000m	No Cumple
152	31.471m	50.000m	No Cumple
153	36.832m	50.000m	No Cumple
154	23.146m	50.000m	No Cumple
155	24.541m	50.000m	No Cumple
156	24.908m	50.000m	No Cumple
157	25.976m	50.000m	No Cumple
158	22.475m	50.000m	No Cumple
159	49.185m	50.000m	No Cumple
160	43.918m	50.000m	No Cumple
161	23.067m	50.000m	No Cumple
162	22.382m	50.000m	No Cumple
163	25.963m	50.000m	No Cumple
164	22.324m	50.000m	No Cumple
165	29.751m	50.000m	No Cumple
166	28.081m	50.000m	No Cumple
167	31.916m	50.000m	No Cumple
168	20.854m	50.000m	No Cumple
169	48.491m	50.000m	No Cumple
170	36.908m	50.000m	No Cumple
171	40.549m	50.000m	No Cumple
172	43.131m	50.000m	No Cumple
173	23.966m	50.000m	No Cumple
174	32.119m	50.000m	No Cumple
175	20.478m	50.000m	No Cumple
176	23.256m	50.000m	No Cumple
177	22.891m	50.000m	No Cumple
178	20.042m	50.000m	No Cumple
179	26.838m	50.000m	No Cumple
180	24.104m	50.000m	No Cumple
181	21.370m	50.000m	No Cumple
182	43.454m	50.000m	No Cumple
183	45.895m	50.000m	No Cumple
184	33.520m	50.000m	No Cumple
185	32.194m	50.000m	No Cumple

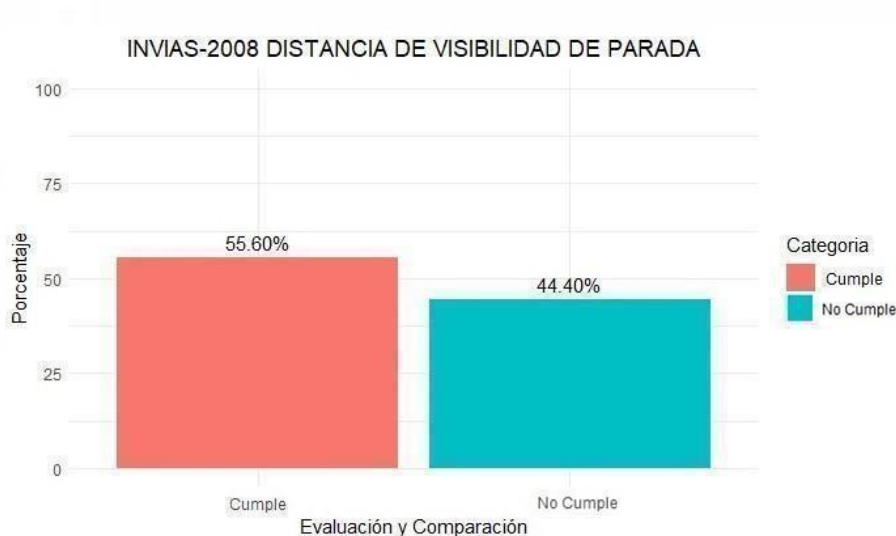
186	44.026m	50.000m	No Cumple
187	21.733m	50.000m	No Cumple
188	46.214m	50.000m	No Cumple
189	26.214m	50.000m	No Cumple
190	6.214m	50.000m	No Cumple

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos partende la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°64** se compara y evalúa las distancias de visibilidad de parada, realizando la comparación con las condiciones mínimas del INVIAS-2008 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa- Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 35**

*Distancia de visibilidad de parada INVIAS-2008*



En la **figura N°35** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la distancia de visibilidad de parada de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma INVIAS-2008.

Tabla 65

*Distancia de visibilidad de parada Chile-2022*

CHILE-2022/ABC-2007			
Nº	Distancia de visibilidad de Parada	Mínima Distancia de visibilidad de Parada	Cumple/ No cumple
1	28.345m	38.000m	No cumple
2	20.735m	38.000m	No cumple
3	20.000m	38.000m	No cumple
4	38.000m	38.000m	cumple
5	20.720m	38.000m	No cumple
6	31.925m	38.000m	No cumple
7	20.460m	38.000m	No cumple
8	32.688m	38.000m	No cumple
9	36.151m	38.000m	No cumple
10	35.106m	38.000m	No cumple
11	21.347m	38.000m	No cumple
12	20.239m	38.000m	No cumple
13	21.981m	38.000m	No cumple
14	35.657m	38.000m	No cumple
15	21.381m	38.000m	No cumple
16	20.639m	38.000m	No cumple
17	24.071m	38.000m	No cumple
18	23.590m	38.000m	No cumple
19	25.326m	38.000m	No cumple
20	28.889m	38.000m	No cumple
21	26.014m	38.000m	No cumple
22	22.209m	38.000m	No cumple
23	21.698m	38.000m	No cumple
24	21.104m	38.000m	No cumple
25	25.295m	38.000m	No cumple
26	21.707m	38.000m	No cumple
27	34.289m	38.000m	No cumple
28	22.090m	38.000m	No cumple
29	33.406m	38.000m	No cumple
30	23.884m	38.000m	No cumple
31	29.782m	38.000m	No cumple
32	24.332m	38.000m	No cumple
33	21.616m	38.000m	No cumple
34	21.417m	38.000m	No cumple
35	24.620m	38.000m	No cumple
36	24.569m	38.000m	No cumple
37	24.065m	38.000m	No cumple

38	24.564m	38.000m	No cumple
39	21.382m	38.000m	No cumple
40	36.402m	38.000m	No cumple
41	26.350m	38.000m	No cumple
42	25.354m	38.000m	No cumple
43	28.971m	38.000m	No cumple
44	23.203m	38.000m	No cumple
45	21.994m	38.000m	No cumple
46	21.820m	38.000m	No cumple
47	26.477m	38.000m	No cumple
48	21.481m	38.000m	No cumple
49	23.276m	38.000m	No cumple
50	20.758m	38.000m	No cumple
51	34.895m	38.000m	No cumple
52	24.726m	38.000m	No cumple
53	22.740m	38.000m	No cumple
54	31.621m	38.000m	No cumple
55	20.584m	38.000m	No cumple
56	22.363m	38.000m	No cumple
57	22.624m	38.000m	No cumple
58	21.338m	38.000m	No cumple
59	21.893m	38.000m	No cumple
60	21.690m	38.000m	No cumple
61	24.395m	38.000m	No cumple
62	26.948m	38.000m	No cumple
63	20.857m	38.000m	No cumple
64	21.042m	38.000m	No cumple
65	26.932m	38.000m	No cumple
66	32.661m	38.000m	No cumple
67	24.516m	38.000m	No cumple
68	21.087m	38.000m	No cumple
69	35.233m	38.000m	No cumple
70	24.546m	38.000m	No cumple
71	30.724m	38.000m	No cumple
72	30.904m	38.000m	No cumple
73	25.869m	38.000m	No cumple
74	22.738m	38.000m	No cumple
75	30.858m	38.000m	No cumple
76	30.240m	38.000m	No cumple
77	21.300m	38.000m	No cumple
78	31.236m	38.000m	No cumple
79	22.848m	38.000m	No cumple
80	23.430m	38.000m	No cumple

81	20.931m	38.000m	No cumple
82	23.041m	38.000m	No cumple
83	26.529m	38.000m	No cumple
84	29.651m	38.000m	No cumple
85	36.612m	38.000m	No cumple
86	21.409m	38.000m	No cumple
87	28.619m	38.000m	No cumple
88	21.732m	38.000m	No cumple
89	22.759m	38.000m	No cumple
90	20.934m	38.000m	No cumple
91	20.594m	38.000m	No cumple
92	35.491m	38.000m	No cumple
93	36.977m	38.000m	No cumple
94	23.046m	38.000m	No cumple
95	21.719m	38.000m	No cumple
96	21.884m	38.000m	No cumple
97	21.028m	38.000m	No cumple
98	27.631m	38.000m	No cumple
99	23.336m	38.000m	No cumple
100	22.325m	38.000m	No cumple
101	20.360m	38.000m	No cumple
102	20.790m	38.000m	No cumple
103	22.315m	38.000m	No cumple
104	27.338m	38.000m	No cumple
105	27.744m	38.000m	No cumple
106	21.020m	38.000m	No cumple
107	22.027m	38.000m	No cumple
108	21.938m	38.000m	No cumple
109	21.510m	38.000m	No cumple
110	23.462m	38.000m	No cumple
111	29.900m	38.000m	No cumple
112	21.305m	38.000m	No cumple
113	22.520m	38.000m	No cumple
114	20.891m	38.000m	No cumple
115	25.949m	38.000m	No cumple
116	25.210m	38.000m	No cumple
117	20.646m	38.000m	No cumple
118	20.322m	38.000m	No cumple
119	20.477m	38.000m	No cumple
120	28.980m	38.000m	No cumple
121	20.600m	38.000m	No cumple
122	21.315m	38.000m	No cumple
123	21.854m	38.000m	No cumple

124	21.328m	38.000m	No cumple
125	20.614m	38.000m	No cumple
126	20.220m	38.000m	No cumple
127	22.510m	38.000m	No cumple
128	25.277m	38.000m	No cumple
129	31.808m	38.000m	No cumple
130	24.793m	38.000m	No cumple
131	22.470m	38.000m	No cumple
132	20.316m	38.000m	No cumple
133	21.568m	38.000m	No cumple
134	29.123m	38.000m	No cumple
135	20.098m	38.000m	No cumple
136	29.134m	38.000m	No cumple
137	35.299m	38.000m	No cumple
138	21.842m	38.000m	No cumple
139	21.226m	38.000m	No cumple
140	21.292m	38.000m	No cumple
141	22.029m	38.000m	No cumple
142	20.773m	38.000m	No cumple
143	20.986m	38.000m	No cumple
144	20.966m	38.000m	No cumple
145	25.298m	38.000m	No cumple
146	27.704m	38.000m	No cumple
147	24.828m	38.000m	No cumple
148	26.891m	38.000m	No cumple
149	27.984m	38.000m	No cumple
150	20.535m	38.000m	No cumple
151	20.581m	38.000m	No cumple
152	29.745m	38.000m	No cumple
153	20.580m	38.000m	No cumple
154	22.289m	38.000m	No cumple
155	22.044m	38.000m	No cumple
156	25.287m	38.000m	No cumple
157	23.208m	38.000m	No cumple
158	23.214m	38.000m	No cumple
159	21.629m	38.000m	No cumple
160	27.008m	38.000m	No cumple
161	31.729m	38.000m	No cumple
162	20.536m	38.000m	No cumple
163	21.770m	38.000m	No cumple
164	34.537m	38.000m	No cumple
165	30.556m	38.000m	No cumple
166	25.812m	38.000m	No cumple
167	5.812m	38.000m	No cumple

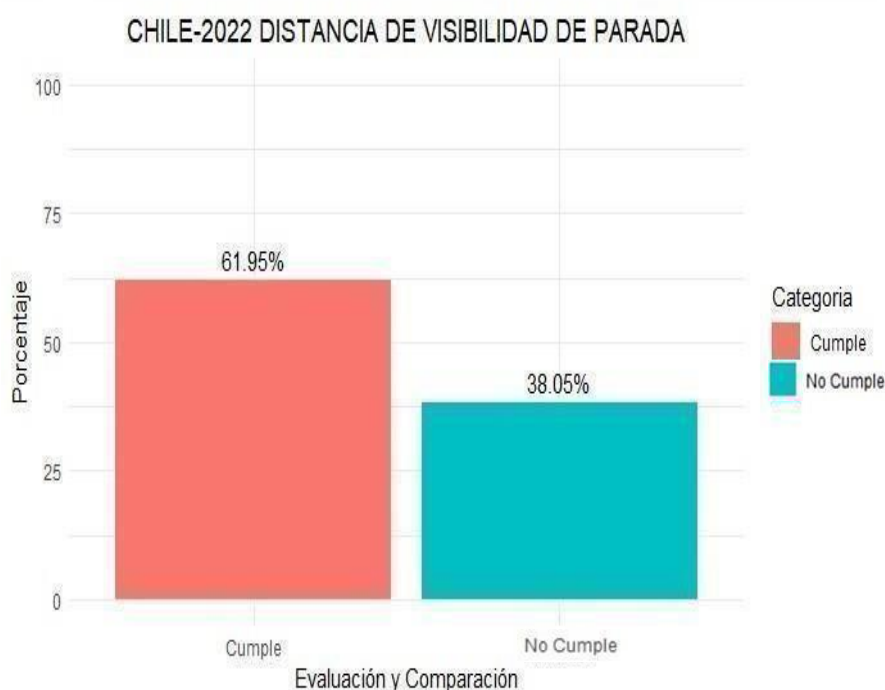
---

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplan de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°65** se compara y evalúa las distancias de visibilidad de parada, realizando la comparación con las condiciones mínimas del manual de carreteras de Chile y/o ABC- 2007 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 36**

*Distancia de visibilidad de parada Chile 2022*



En la **figura N°36** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la distancia de visibilidad de parada de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma Chile-2022.



**Tabla 66***Distancia de visibilidad de parada NEVI-2012*

NEVI-2012			
Nº	Distancia de visibilidad de Parada (xi)	Mínima Distancia de visibilidad de Parada	Cumple/No cumple
1	29.981m	50.000m	No Cumple
2	34.006m	50.000m	No Cumple
3	21.967m	50.000m	No Cumple
4	20.000m	50.000m	No Cumple
5	50.000m	50.000m	Cumple
6	41.741m	50.000m	No Cumple
7	22.282m	50.000m	No Cumple
8	32.161m	50.000m	No Cumple
9	28.408m	50.000m	No Cumple
10	23.485m	50.000m	No Cumple
11	35.174m	50.000m	No Cumple
12	25.478m	50.000m	No Cumple
13	22.671m	50.000m	No Cumple
14	40.434m	50.000m	No Cumple
15	20.443m	50.000m	No Cumple
16	25.431m	50.000m	No Cumple
17	47.683m	50.000m	No Cumple
18	28.353m	50.000m	No Cumple
19	23.121m	50.000m	No Cumple
20	25.497m	50.000m	No Cumple
21	27.089m	50.000m	No Cumple
22	25.998m	50.000m	No Cumple
23	21.514m	50.000m	No Cumple
24	25.362m	50.000m	No Cumple
25	44.195m	50.000m	No Cumple
26	33.382m	50.000m	No Cumple
27	24.175m	50.000m	No Cumple
28	43.444m	50.000m	No Cumple
29	23.272m	50.000m	No Cumple
30	49.963m	50.000m	No Cumple
31	43.588m	50.000m	No Cumple
32	22.969m	50.000m	No Cumple
33	38.822m	50.000m	No Cumple
34	21.890m	50.000m	No Cumple

35	32.890m	50.000m	No Cumple
36	43.184m	50.000m	No Cumple
37	45.294m	50.000m	No Cumple
38	32.995m	50.000m	No Cumple
39	48.959m	50.000m	No Cumple
40	25.600m	50.000m	No Cumple
41	34.700m	50.000m	No Cumple
42	32.520m	50.000m	No Cumple
43	32.823m	50.000m	No Cumple
44	40.159m	50.000m	No Cumple
45	20.770m	50.000m	No Cumple
46	40.668m	50.000m	No Cumple
47	48.355m	50.000m	No Cumple
48	43.586m	50.000m	No Cumple
49	23.448m	50.000m	No Cumple
50	24.156m	50.000m	No Cumple
51	25.684m	50.000m	No Cumple
52	30.125m	50.000m	No Cumple
53	25.206m	50.000m	No Cumple
54	48.234m	50.000m	No Cumple
55	29.601m	50.000m	No Cumple
56	23.592m	50.000m	No Cumple
57	44.646m	50.000m	No Cumple
58	32.622m	50.000m	No Cumple
59	45.154m	50.000m	No Cumple
60	22.407m	50.000m	No Cumple
61	33.820m	50.000m	No Cumple
62	25.098m	50.000m	No Cumple
63	26.159m	50.000m	No Cumple
64	23.995m	50.000m	No Cumple
65	38.732m	50.000m	No Cumple
66	21.388m	50.000m	No Cumple
67	42.893m	50.000m	No Cumple
68	34.772m	50.000m	No Cumple
69	23.688m	50.000m	No Cumple
70	21.641m	50.000m	No Cumple
71	44.211m	50.000m	No Cumple
72	30.318m	50.000m	No Cumple
73	21.979m	50.000m	No Cumple
74	43.462m	50.000m	No Cumple
75	22.794m	50.000m	No Cumple
76	40.398m	50.000m	No Cumple
77	35.619m	50.000m	No Cumple

78	26.279m	50.000m	No Cumple
79	30.032m	50.000m	No Cumple
80	20.652m	50.000m	No Cumple
81	20.213m	50.000m	No Cumple
82	29.673m	50.000m	No Cumple
83	29.568m	50.000m	No Cumple
84	22.102m	50.000m	No Cumple
85	40.455m	50.000m	No Cumple
86	40.936m	50.000m	No Cumple
87	48.607m	50.000m	No Cumple
88	46.403m	50.000m	No Cumple
89	23.070m	50.000m	No Cumple
90	45.586m	50.000m	No Cumple
91	24.124m	50.000m	No Cumple
92	43.250m	50.000m	No Cumple
93	21.652m	50.000m	No Cumple
94	43.750m	50.000m	No Cumple
95	42.304m	50.000m	No Cumple
96	24.675m	50.000m	No Cumple
97	24.677m	50.000m	No Cumple
98	42.596m	50.000m	No Cumple
99	23.381m	50.000m	No Cumple
100	25.766m	50.000m	No Cumple
101	48.470m	50.000m	No Cumple
102	24.400m	50.000m	No Cumple
103	22.653m	50.000m	No Cumple
104	33.121m	50.000m	No Cumple
105	25.994m	50.000m	No Cumple
106	45.499m	50.000m	No Cumple
107	28.503m	50.000m	No Cumple
108	40.765m	50.000m	No Cumple
109	37.670m	50.000m	No Cumple
110	25.276m	50.000m	No Cumple
111	23.873m	50.000m	No Cumple
112	34.570m	50.000m	No Cumple
113	27.201m	50.000m	No Cumple
114	21.756m	50.000m	No Cumple
115	27.245m	50.000m	No Cumple
116	27.955m	50.000m	No Cumple
117	25.256m	50.000m	No Cumple
118	45.458m	50.000m	No Cumple
119	32.329m	50.000m	No Cumple
120	30.799m	50.000m	No Cumple

121	28.470m	50.000m	No Cumple
122	21.634m	50.000m	No Cumple
123	21.422m	50.000m	No Cumple
124	22.394m	50.000m	No Cumple
125	25.597m	50.000m	No Cumple
126	26.634m	50.000m	No Cumple
127	27.926m	50.000m	No Cumple
128	22.875m	50.000m	No Cumple
129	26.267m	50.000m	No Cumple
130	27.236m	50.000m	No Cumple
131	22.326m	50.000m	No Cumple
132	26.917m	50.000m	No Cumple
133	24.079m	50.000m	No Cumple
134	33.559m	50.000m	No Cumple
135	41.894m	50.000m	No Cumple
136	25.865m	50.000m	No Cumple
137	27.281m	50.000m	No Cumple
138	40.853m	50.000m	No Cumple
139	22.165m	50.000m	No Cumple
140	21.588m	50.000m	No Cumple
141	27.531m	50.000m	No Cumple
142	23.092m	50.000m	No Cumple
143	42.430m	50.000m	No Cumple
144	23.625m	50.000m	No Cumple
145	22.525m	50.000m	No Cumple
146	31.021m	50.000m	No Cumple
147	22.830m	50.000m	No Cumple
148	44.388m	50.000m	No Cumple
149	46.150m	50.000m	No Cumple
150	40.839m	50.000m	No Cumple
151	21.749m	50.000m	No Cumple
152	20.579m	50.000m	No Cumple
153	44.477m	50.000m	No Cumple
154	25.802m	50.000m	No Cumple
155	45.988m	50.000m	No Cumple
156	23.799m	50.000m	No Cumple
157	27.329m	50.000m	No Cumple
158	22.048m	50.000m	No Cumple
159	47.568m	50.000m	No Cumple
160	41.722m	50.000m	No Cumple
161	38.237m	50.000m	No Cumple
162	22.123m	50.000m	No Cumple
163	26.813m	50.000m	No Cumple

164	20.336m	50.000m	No Cumple
165	21.067m	50.000m	No Cumple
166	22.406m	50.000m	No Cumple
167	46.065m	50.000m	No Cumple
168	27.749m	50.000m	No Cumple
169	47.889m	50.000m	No Cumple
170	45.261m	50.000m	No Cumple
171	24.483m	50.000m	No Cumple
172	44.827m	50.000m	No Cumple
173	25.108m	50.000m	No Cumple
174	41.424m	50.000m	No Cumple
175	21.627m	50.000m	No Cumple
176	42.702m	50.000m	No Cumple
177	22.702m	50.000m	No Cumple
178	2.702m	50.000m	No Cumple

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos partende la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°66** se compara y evalúa las distancias de visibilidad de parada, realizando la comparación con las condiciones mínimas del NEVI-2012 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 37***Distancia de visibilidad de parada NEVI-2012*

En la **figura N°37** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la distancia de visibilidad de parada de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma NEVI-2012.

**Tabla 67***Distancia de visibilidad de parada Vialidad-2010*

Vialidad-2010			
Nº	Distancia de visibilidad de Parada-xi (m)	Mínima Distancia de visibilidad de Parada (m)	Cumple/No cumple
1	45.000	45	Cumple
2	41.96	45	No Cumple
3	43.86	45	No Cumple
4	43.25	45	No Cumple
5	37.97	45	No Cumple
6	39.18	45	No Cumple
7	40.46	45	No Cumple
8	42.55	45	No Cumple
9	30.66	45	No Cumple
10	41.54	45	No Cumple
11	31.45	45	No Cumple

12	43.02	45	No Cumple
13	31.46	45	No Cumple
14	44.91	45	No Cumple
15	41.18	45	No Cumple
16	35.13	45	No Cumple
17	42.94	45	No Cumple
18	40.31	45	No Cumple
19	43.83	45	No Cumple
20	43.06	45	No Cumple
21	37.93	45	No Cumple
22	36.96	45	No Cumple
23	43.26	45	No Cumple
24	34.88	45	No Cumple
25	39.08	45	No Cumple
26	44.39	45	No Cumple
27	33.52	45	No Cumple
28	42.94	45	No Cumple
29	36.21	45	No Cumple
30	37.43	45	No Cumple
31	30.99	45	No Cumple
32	30.90	45	No Cumple
33	41.39	45	No Cumple
34	39.14	45	No Cumple
35	30.25	45	No Cumple
36	42.39	45	No Cumple
37	44.66	45	No Cumple
38	38.13	45	No Cumple
39	43.24	45	No Cumple
40	31.14	45	No Cumple
41	42.97	45	No Cumple
42	30.71	45	No Cumple
43	40.74	45	No Cumple
44	37.49	45	No Cumple
45	43.10	45	No Cumple
46	40.37	45	No Cumple
47	36.66	45	No Cumple
48	40.04	45	No Cumple
49	41.66	45	No Cumple
50	44.09	45	No Cumple
51	38.07	45	No Cumple
52	39.90	45	No Cumple
53	32.69	45	No Cumple
54	41.55	45	No Cumple

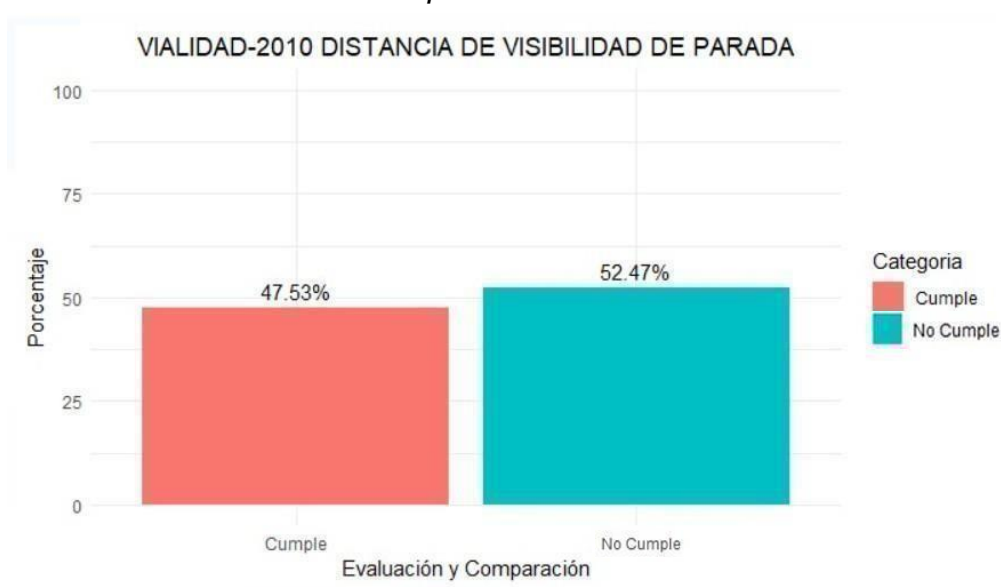
55	36.67	45	No Cumple
56	38.91	45	No Cumple
57	44.53	45	No Cumple
58	35.09	45	No Cumple
59	31.65	45	No Cumple
60	38.89	45	No Cumple
61	41.62	45	No Cumple
62	30.75	45	No Cumple
63	32.83	45	No Cumple
64	31.22	45	No Cumple
65	35.02	45	No Cumple
66	34.97	45	No Cumple
67	36.11	45	No Cumple
68	41.27	45	No Cumple
69	32.56	45	No Cumple
70	41.75	45	No Cumple
71	32.02	45	No Cumple
72	34.35	45	No Cumple
73	43.87	45	No Cumple
74	38.57	45	No Cumple
75	30.60	45	No Cumple
76	32.64	45	No Cumple
77	35.48	45	No Cumple
78	38.19	45	No Cumple
79	34.76	45	No Cumple
80	40.47	45	No Cumple
81	39.56	45	No Cumple
82	39.89	45	No Cumple
83	43.12	45	No Cumple
84	42.01	45	No Cumple
85	39.76	45	No Cumple
86	40.37	45	No Cumple
87	43.51	45	No Cumple
88	35.52	45	No Cumple
89	36.34	45	No Cumple
90	33.48	45	No Cumple
91	38.47	45	No Cumple
92	38.02	45	No Cumple
93	40.98	45	No Cumple
94	36.31	45	No Cumple
95	37.81	45	No Cumple
96	40.07	45	No Cumple
97	39.81	45	No Cumple



98	38.56	45	No Cumple
99	38.20	45	No Cumple
100	30.12	45	No Cumple
101	32.16	45	No Cumple
102	42.13	45	No Cumple
103	35.90	45	No Cumple
104	41.72	45	No Cumple
105	31.33	45	No Cumple
106	32.88	45	No Cumple
107	42.24	45	No Cumple
108	39.27	45	No Cumple
109	41.63	45	No Cumple
110	32.23	45	No Cumple
111	31.83	45	No Cumple
112	32.57	45	No Cumple
113	44.44	45	No Cumple
114	39.19	45	No Cumple
115	37.20	45	No Cumple
116	41.92	45	No Cumple
117	30.26	45	No Cumple
118	39.86	45	No Cumple
119	37.63	45	No Cumple
120	41.68	45	No Cumple
121	42.28	45	No Cumple
122	40.00	45	No Cumple
123	42.62	45	No Cumple
124	38.41	45	No Cumple
125	38.53	45	No Cumple
126	44.88	45	No Cumple
127	38.30	45	No Cumple
128	34.96	45	No Cumple
129	34.03	45	No Cumple

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°67** se compara y evalúa las distancias de visibilidad de parada, realizando la comparación con las condiciones mínimas de Vialidad-2010 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 38***Distancia de visibilidad de parada vialidad-2010*

En la **figura N°38** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la distancia de visibilidad de parada de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma Vialidad-2010.

**Tabla 68***Distancia de visibilidad de parada MTC-1997*

MTC-1997			
Nº	Distancia de visibilidad de Parada-xi (m)	Mínima Distancia de visibilidad de Parada (m)	Cumple/No cumple
1	45.000	45	Cumple
2	41.366	45	No Cumple
3	36.779	45	No Cumple
4	37.114	45	No Cumple
5	35.504	45	No Cumple
6	41.495	45	No Cumple
7	36.460	45	No Cumple

8	39.883	45	No Cumple
9	35.343	45	No Cumple
10	36.394	45	No Cumple
11	35.041	45	No Cumple
12	42.566	45	No Cumple
13	40.242	45	No Cumple
14	36.529	45	No Cumple
15	44.247	45	No Cumple
16	39.910	45	No Cumple
17	40.682	45	No Cumple
18	37.369	45	No Cumple
19	43.627	45	No Cumple
20	36.611	45	No Cumple
21	43.076	45	No Cumple
22	36.648	45	No Cumple
23	43.827	45	No Cumple
24	38.322	45	No Cumple
25	41.395	45	No Cumple
26	39.357	45	No Cumple
27	37.433	45	No Cumple
28	35.644	45	No Cumple
29	36.348	45	No Cumple
30	41.100	45	No Cumple
31	37.400	45	No Cumple
32	37.024	45	No Cumple
33	40.603	45	No Cumple
34	40.489	45	No Cumple
35	43.549	45	No Cumple
36	38.714	45	No Cumple
37	44.426	45	No Cumple
38	43.628	45	No Cumple
39	37.659	45	No Cumple
40	44.532	45	No Cumple
41	35.289	45	No Cumple
42	35.259	45	No Cumple
43	44.419	45	No Cumple
44	39.466	45	No Cumple
45	44.764	45	No Cumple
46	43.298	45	No Cumple
47	41.520	45	No Cumple
48	35.437	45	No Cumple
49	38.097	45	No Cumple
50	41.758	45	No Cumple

51	43.306	45	No Cumple
52	38.181	45	No Cumple
53	43.465	45	No Cumple
54	41.774	45	No Cumple
55	37.969	45	No Cumple
56	35.280	45	No Cumple
57	38.613	45	No Cumple
58	44.403	45	No Cumple
59	42.783	45	No Cumple
60	35.415	45	No Cumple
61	41.765	45	No Cumple
62	39.549	45	No Cumple
63	38.644	45	No Cumple
64	42.247	45	No Cumple
65	40.705	45	No Cumple
66	35.632	45	No Cumple
67	37.347	45	No Cumple
68	39.252	45	No Cumple
69	40.315	45	No Cumple
70	43.796	45	No Cumple
71	37.835	45	No Cumple
72	41.778	45	No Cumple
73	44.412	45	No Cumple
74	35.412	45	No Cumple
75	38.971	45	No Cumple
76	41.192	45	No Cumple
77	36.161	45	No Cumple
78	37.043	45	No Cumple
79	41.135	45	No Cumple
80	42.297	45	No Cumple
81	37.140	45	No Cumple
82	42.313	45	No Cumple
83	39.491	45	No Cumple
84	44.385	45	No Cumple
85	42.730	45	No Cumple
86	43.907	45	No Cumple
87	41.404	45	No Cumple
88	38.514	45	No Cumple
89	44.834	45	No Cumple
90	42.025	45	No Cumple
91	36.544	45	No Cumple
92	39.009	45	No Cumple
93	35.483	45	No Cumple

94	44.936	45	No Cumple
95	43.642	45	No Cumple
96	44.635	45	No Cumple
97	36.027	45	No Cumple
98	39.005	45	No Cumple
99	40.924	45	No Cumple
100	40.164	45	No Cumple
101	39.782	45	No Cumple
102	37.236	45	No Cumple
103	35.239	45	No Cumple
104	44.357	45	No Cumple
105	39.346	45	No Cumple
106	38.009	45	No Cumple
107	40.160	45	No Cumple
108	37.627	45	No Cumple
109	35.087	45	No Cumple
110	35.982	45	No Cumple
111	44.130	45	No Cumple
112	37.332	45	No Cumple
113	42.338	45	No Cumple
114	41.347	45	No Cumple
115	42.297	45	No Cumple
116	40.982	45	No Cumple
117	42.435	45	No Cumple
118	44.141	45	No Cumple
119	44.668	45	No Cumple
120	38.640	45	No Cumple
121	38.417	45	No Cumple
122	35.393	45	No Cumple
123	35.216	45	No Cumple
124	44.490	45	No Cumple
125	39.929	45	No Cumple
126	43.524	45	No Cumple
127	39.514	45	No Cumple
128	38.624	45	No Cumple
129	37.378	45	No Cumple

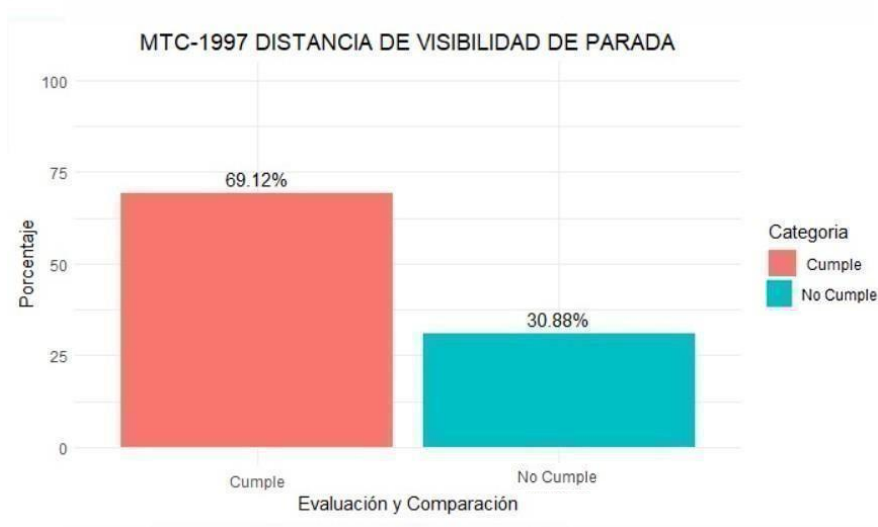
---

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°68** se compara y evalúa las distancias de visibilidad de parada, realizando la comparación con las condiciones mínimas del MTC-1997 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 39**

*Distancia de visibilidad de parada MTC-1997*



En la **figura N°39** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la distancia de visibilidad de parada de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma MTC-1997.

- **Radio Mínimo**

**Tabla 69**  
*Radios DG-2018*

Nº	Xi	DG-2018 RADIO MINIMO	Cumple/No Cumple
1	25.000m	25.000m	Cumple
2	3.618m	25.000m	No Cumple
3	5.393m	25.000m	No Cumple

4	3.495m	25.000m	No Cumple
5	9.984m	25.000m	No Cumple
6	8.319m	25.000m	No Cumple
7	9.670m	25.000m	No Cumple
8	7.085m	25.000m	No Cumple
9	5.789m	25.000m	No Cumple
10	6.327m	25.000m	No Cumple
11	9.228m	25.000m	No Cumple
12	3.056m	25.000m	No Cumple
13	2.957m	25.000m	No Cumple
14	9.313m	25.000m	No Cumple
15	7.865m	25.000m	No Cumple
16	4.497m	25.000m	No Cumple
17	9.659m	25.000m	No Cumple
18	2.802m	25.000m	No Cumple
19	6.260m	25.000m	No Cumple
20	3.019m	25.000m	No Cumple
21	9.481m	25.000m	No Cumple
22	7.228m	25.000m	No Cumple
23	3.617m	25.000m	No Cumple
24	6.170m	25.000m	No Cumple
25	5.795m	25.000m	No Cumple
26	8.736m	25.000m	No Cumple
27	3.295m	25.000m	No Cumple
28	5.601m	25.000m	No Cumple
29	8.942m	25.000m	No Cumple
30	3.314m	25.000m	No Cumple
31	3.885m	25.000m	No Cumple
32	3.190m	25.000m	No Cumple
33	8.937m	25.000m	No Cumple
34	4.312m	25.000m	No Cumple
35	9.631m	25.000m	No Cumple
36	7.574m	25.000m	No Cumple
37	7.876m	25.000m	No Cumple
38	7.330m	25.000m	No Cumple
39	7.501m	25.000m	No Cumple
40	8.832m	25.000m	No Cumple

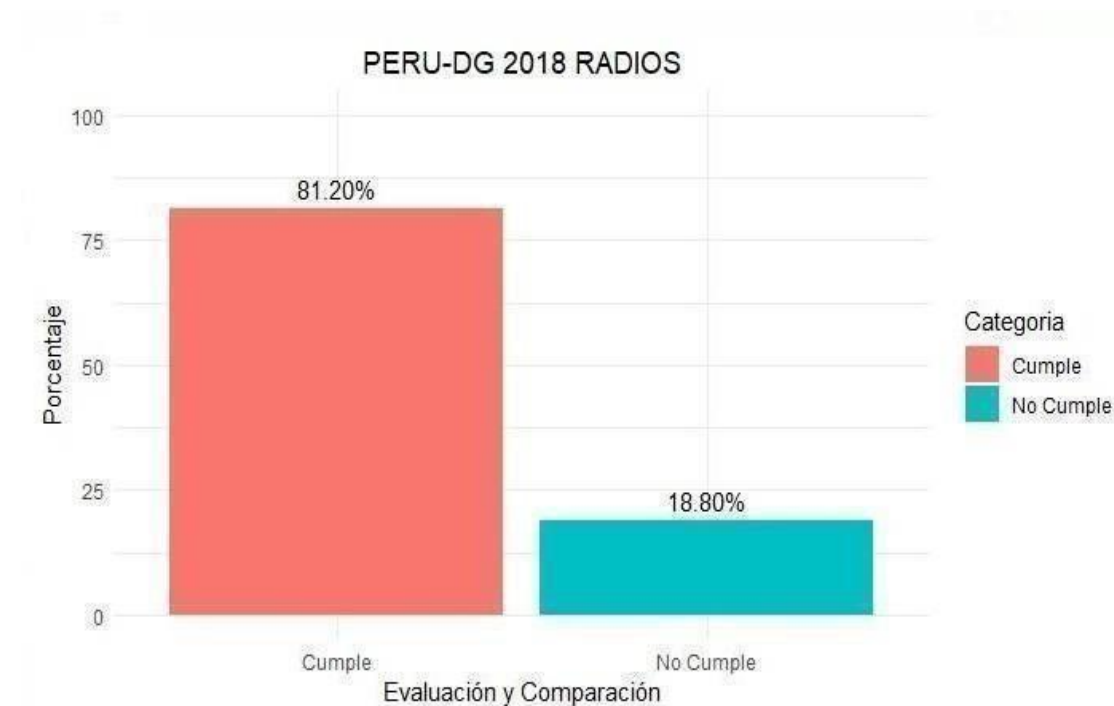
---

**Nota:** "xi" En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°69** se compara y evalúa los radios que se obtuvieron in situ, realizando la comparación con las condiciones mínimas del DG-2018 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 30 km/h.

**Figura 40**

*Radios DG-2018*



En la **figura N°40** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de los radios de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma DG-2018.



**Tabla 70**  
*Radios INVIAS-2008*

<b>Nº</b>	<b>Xi</b>	<b>INVIAS-2008 RADIO MINIMO</b>	<b>Cumple/No Cumple</b>
1	41.000m	41.000m	Cumple
2	10.904m	41.000m	No Cumple
3	11.577m	41.000m	No Cumple
4	7.911m	41.000m	No Cumple
5	5.397m	41.000m	No Cumple
6	3.505m	41.000m	No Cumple
7	11.220m	41.000m	No Cumple
8	11.201m	41.000m	No Cumple
9	12.597m	41.000m	No Cumple
10	10.288m	41.000m	No Cumple
11	5.587m	41.000m	No Cumple
12	10.448m	41.000m	No Cumple
13	5.789m	41.000m	No Cumple
14	14.058m	41.000m	No Cumple
15	16.151m	41.000m	No Cumple
16	10.749m	41.000m	No Cumple
17	16.118m	41.000m	No Cumple
18	7.514m	41.000m	No Cumple
19	3.052m	41.000m	No Cumple
20	8.527m	41.000m	No Cumple
21	14.728m	41.000m	No Cumple
22	12.404m	41.000m	No Cumple
23	12.922m	41.000m	No Cumple
24	3.022m	41.000m	No Cumple
25	8.564m	41.000m	No Cumple
26	3.393m	41.000m	No Cumple
27	9.717m	41.000m	No Cumple
28	11.516m	41.000m	No Cumple
29	8.286m	41.000m	No Cumple
30	3.140m	41.000m	No Cumple
31	13.815m	41.000m	No Cumple
32	11.051m	41.000m	No Cumple
33	8.520m	41.000m	No Cumple
34	7.088m	41.000m	No Cumple
35	5.749m	41.000m	No Cumple
36	7.720m	41.000m	No Cumple
37	15.074m	41.000m	No Cumple

38	15.625m	41.000m	No Cumple
39	11.046m	41.000m	No Cumple
40	13.710m	41.000m	No Cumple
41	7.554m	41.000m	No Cumple
42	16.078m	41.000m	No Cumple
43	6.664m	41.000m	No Cumple
44	4.568m	41.000m	No Cumple
45	15.499m	41.000m	No Cumple
46	6.998m	41.000m	No Cumple
47	12.741m	41.000m	No Cumple
48	7.995m	41.000m	No Cumple
49	9.499m	41.000m	No Cumple
50	7.262m	41.000m	No Cumple
51	14.119m	41.000m	No Cumple
52	4.642m	41.000m	No Cumple
53	9.692m	41.000m	No Cumple
54	6.533m	41.000m	No Cumple
55	15.698m	41.000m	No Cumple
56	11.061m	41.000m	No Cumple
57	11.433m	41.000m	No Cumple
58	6.957m	41.000m	No Cumple
59	11.520m	41.000m	No Cumple
60	3.228m	41.000m	No Cumple
61	13.324m	41.000m	No Cumple
62	11.993m	41.000m	No Cumple
63	13.196m	41.000m	No Cumple
64	7.815m	41.000m	No Cumple
65	13.265m	41.000m	No Cumple
66	12.756m	41.000m	No Cumple
67	9.968m	41.000m	No Cumple
68	11.165m	41.000m	No Cumple
69	15.009m	41.000m	No Cumple
70	7.383m	41.000m	No Cumple
71	9.509m	41.000m	No Cumple
72	15.765m	41.000m	No Cumple
73	9.875m	41.000m	No Cumple
74	11.674m	41.000m	No Cumple
75	8.209m	41.000m	No Cumple
76	10.301m	41.000m	No Cumple
77	11.464m	41.000m	No Cumple
78	4.042m	41.000m	No Cumple
79	4.521m	41.000m	No Cumple
80	9.892m	41.000m	No Cumple

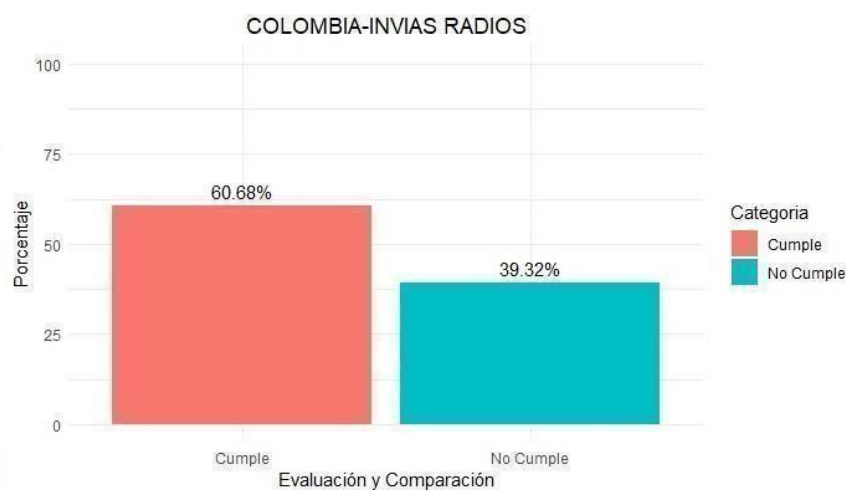
81	12.461m	41.000m	No Cumple
82	7.325m	41.000m	No Cumple
83	4.045m	41.000m	No Cumple
84	12.071m	41.000m	No Cumple
85	7.876m	41.000m	No Cumple
86	12.971m	41.000m	No Cumple
87	7.501m	41.000m	No Cumple

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°70** se compara y evalúa los radios que se obtuvieron in situ, realizando la comparación con las condiciones mínimas del INVIAS-2008 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 41**

*Radios INVIAS-2008*



En la **figura N°41** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de los radios de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma INVIAS-2008.

**Tabla 71***Radios NEVI-2012*

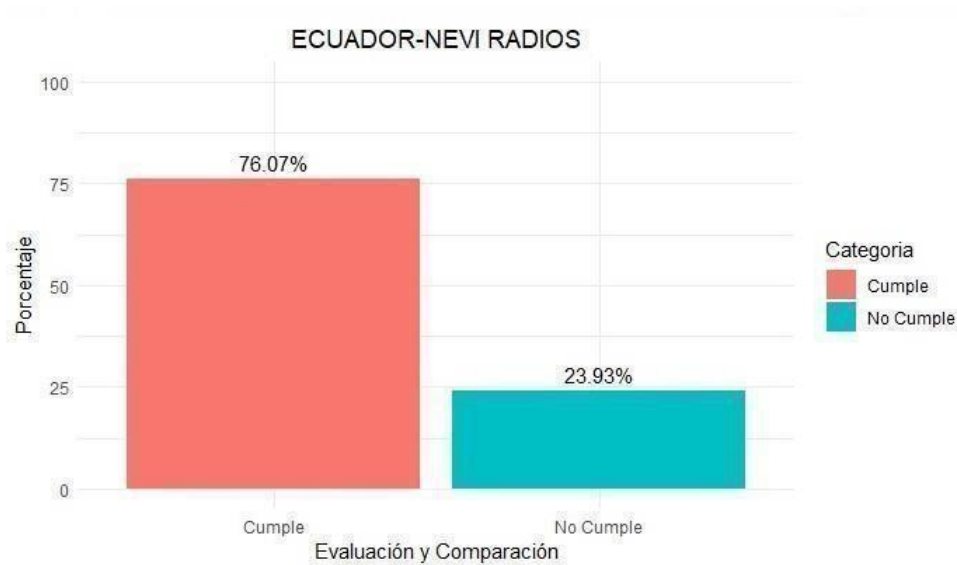
<b>Nº</b>	<b>Xi</b>	<b>NEVI-2012 RADIO MINIMO</b>	<b>Cumple/No Cumple</b>
1	45.000m	45.000m	Cumple
2	10.132m	45.000m	No Cumple
3	10.681m	45.000m	No Cumple
4	8.198m	45.000m	No Cumple
5	5.390m	45.000m	No Cumple
6	3.498m	45.000m	No Cumple
7	10.908m	45.000m	No Cumple
8	12.677m	45.000m	No Cumple
9	16.884m	45.000m	No Cumple
10	11.201m	45.000m	No Cumple
11	10.419m	45.000m	No Cumple
12	16.877m	45.000m	No Cumple
13	7.323m	45.000m	No Cumple
14	4.752m	45.000m	No Cumple
15	9.009m	45.000m	No Cumple
16	5.789m	45.000m	No Cumple
17	14.051m	45.000m	No Cumple
18	15.182m	45.000m	No Cumple
19	9.482m	45.000m	No Cumple
20	16.118m	45.000m	No Cumple
21	5.943m	45.000m	No Cumple
22	3.052m	45.000m	No Cumple
23	8.527m	45.000m	No Cumple
24	13.657m	45.000m	No Cumple
25	12.404m	45.000m	No Cumple
26	17.459m	45.000m	No Cumple
27	11.169m	45.000m	No Cumple
28	3.133m	45.000m	No Cumple
29	7.991m	45.000m	No Cumple
30	13.375m	45.000m	No Cumple
31	17.955m	45.000m	No Cumple
32	7.214m	45.000m	No Cumple
33	9.173m	45.000m	No Cumple
34	11.377m	45.000m	No Cumple
35	7.584m	45.000m	No Cumple
36	3.226m	45.000m	No Cumple
37	13.648m	45.000m	No Cumple

38	11.000m	45.000m	No Cumple
39	8.212m	45.000m	No Cumple
40	7.036m	45.000m	No Cumple
41	5.220m	45.000m	No Cumple
42	6.541m	45.000m	No Cumple
43	14.783m	45.000m	No Cumple
44	15.625m	45.000m	No Cumple
45	10.766m	45.000m	No Cumple
46	17.814m	45.000m	No Cumple
47	12.720m	45.000m	No Cumple
48	7.077m	45.000m	No Cumple
49	13.424m	45.000m	No Cumple
50	5.546m	45.000m	No Cumple
51	4.676m	45.000m	No Cumple
52	15.274m	45.000m	No Cumple
53	6.998m	45.000m	No Cumple
54	12.741m	45.000m	No Cumple
55	7.465m	45.000m	No Cumple
56	9.499m	45.000m	No Cumple
57	17.536m	45.000m	No Cumple
58	4.515m	45.000m	No Cumple
59	10.991m	45.000m	No Cumple
60	4.245m	45.000m	No Cumple
61	9.159m	45.000m	No Cumple
62	4.801m	45.000m	No Cumple
63	3.197m	45.000m	No Cumple
64	15.174m	45.000m	No Cumple
65	10.494m	45.000m	No Cumple
66	11.842m	45.000m	No Cumple
67	10.954m	45.000m	No Cumple
68	17.531m	45.000m	No Cumple
69	16.127m	45.000m	No Cumple
70	6.464m	45.000m	No Cumple
71	11.520m	45.000m	No Cumple
72	3.207m	45.000m	No Cumple
73	13.360m	45.000m	No Cumple
74	11.604m	45.000m	No Cumple
75	11.951m	45.000m	No Cumple
76	5.976m	45.000m	No Cumple
77	12.628m	45.000m	No Cumple
78	11.874m	45.000m	No Cumple
79	9.854m	45.000m	No Cumple
80	11.165m	45.000m	No Cumple

81	15.164m	45.000m	No Cumple
82	15.009m	45.000m	No Cumple
83	7.383m	45.000m	No Cumple
84	9.509m	45.000m	No Cumple
85	17.579m	45.000m	No Cumple
86	9.271m	45.000m	No Cumple
87	11.571m	45.000m	No Cumple
88	7.747m	45.000m	No Cumple
89	10.191m	45.000m	No Cumple
90	9.960m	45.000m	No Cumple
91	16.664m	45.000m	No Cumple
92	11.909m	45.000m	No Cumple
93	3.139m	45.000m	No Cumple
94	9.545m	45.000m	No Cumple
95	4.635m	45.000m	No Cumple
96	9.660m	45.000m	No Cumple
97	17.877m	45.000m	No Cumple
98	10.669m	45.000m	No Cumple
99	17.747m	45.000m	No Cumple
100	16.652m	45.000m	No Cumple
101	7.851m	45.000m	No Cumple
102	11.894m	45.000m	No Cumple
103	7.501m	45.000m	No Cumple

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°71** se compara y evalúa los radios que se obtuvieron in situ, realizando la comparación con las condiciones mínimas del NEVI-2012 y verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 42***Radios NEVI-2012*

En la **figura N°42** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de los radios de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma NEVI-2012.

**Tabla 72***Radios Chile-2022*

Nº	Xi	CHILE- 2022 / ABC-2007 RADIO MINIMO	Cumple/No Cumple
1	50.000m	50.000m	Cumple
2	9.168m	50.000m	No Cumple
3	9.413m	50.000m	No Cumple
4	8.604m	50.000m	No Cumple
5	5.369m	50.000m	No Cumple
6	3.511m	50.000m	No Cumple
7	18.268m	50.000m	No Cumple
8	10.572m	50.000m	No Cumple
9	6.391m	50.000m	No Cumple

10	10.180m	50.000m	No Cumple
11	11.201m	50.000m	No Cumple
12	7.633m	50.000m	No Cumple
13	18.668m	50.000m	No Cumple
14	1.975m	50.000m	No Cumple
15	7.539m	50.000m	No Cumple
16	3.301m	50.000m	No Cumple
17	7.210m	50.000m	No Cumple
18	18.590m	50.000m	No Cumple
19	9.200m	50.000m	No Cumple
20	5.789m	50.000m	No Cumple
21	16.941m	50.000m	No Cumple
22	14.043m	50.000m	No Cumple
23	15.357m	50.000m	No Cumple
24	13.141m	50.000m	No Cumple
25	6.634m	50.000m	No Cumple
26	16.118m	50.000m	No Cumple
27	18.367m	50.000m	No Cumple
28	15.616m	50.000m	No Cumple
29	9.136m	50.000m	No Cumple
30	12.323m	50.000m	No Cumple
31	12.404m	50.000m	No Cumple
32	16.412m	50.000m	No Cumple
33	11.169m	50.000m	No Cumple
34	3.273m	50.000m	No Cumple
35	8.191m	50.000m	No Cumple
36	17.955m	50.000m	No Cumple
37	7.214m	50.000m	No Cumple
38	3.393m	50.000m	No Cumple
39	8.494m	50.000m	No Cumple
40	11.203m	50.000m	No Cumple
41	6.707m	50.000m	No Cumple
42	13.440m	50.000m	No Cumple
43	11.018m	50.000m	No Cumple
44	19.507m	50.000m	No Cumple
45	7.827m	50.000m	No Cumple
46	6.966m	50.000m	No Cumple
47	4.559m	50.000m	No Cumple
48	5.068m	50.000m	No Cumple
49	14.467m	50.000m	No Cumple
50	15.625m	50.000m	No Cumple
51	10.417m	50.000m	No Cumple
52	8.833m	50.000m	No Cumple



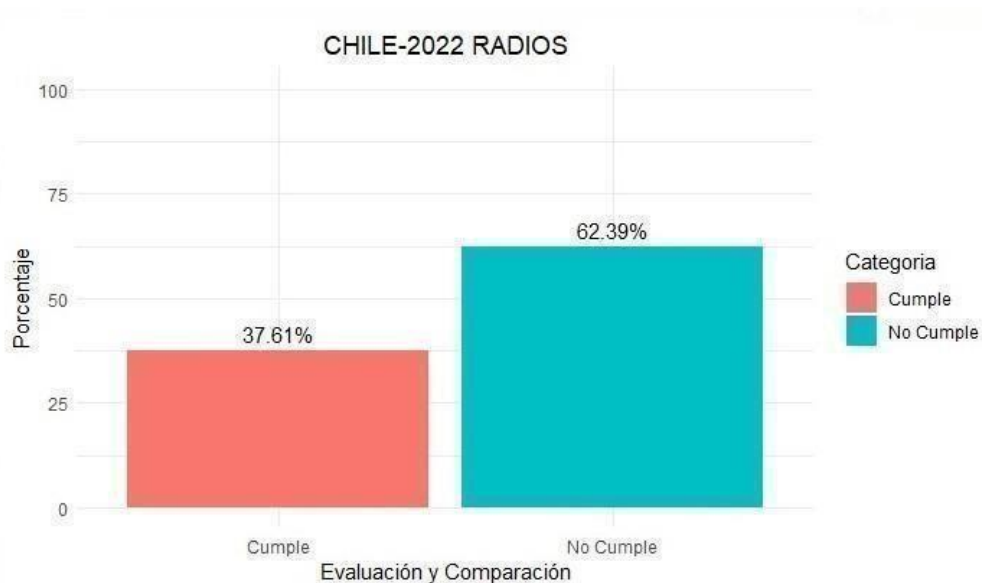
53	10.983m	50.000m	No Cumple
54	19.467m	50.000m	No Cumple
55	10.315m	50.000m	No Cumple
56	10.193m	50.000m	No Cumple
57	4.148m	50.000m	No Cumple
58	4.811m	50.000m	No Cumple
59	18.782m	50.000m	No Cumple
60	14.992m	50.000m	No Cumple
61	6.998m	50.000m	No Cumple
62	12.741m	50.000m	No Cumple
63	6.768m	50.000m	No Cumple
64	9.665m	50.000m	No Cumple
65	7.030m	50.000m	No Cumple
66	17.107m	50.000m	No Cumple
67	4.567m	50.000m	No Cumple
68	10.933m	50.000m	No Cumple
69	3.762m	50.000m	No Cumple
70	8.634m	50.000m	No Cumple
71	14.519m	50.000m	No Cumple
72	9.785m	50.000m	No Cumple
73	12.408m	50.000m	No Cumple
74	17.531m	50.000m	No Cumple
75	16.127m	50.000m	No Cumple
76	5.849m	50.000m	No Cumple
77	11.520m	50.000m	No Cumple
78	13.426m	50.000m	No Cumple
79	11.118m	50.000m	No Cumple
80	10.550m	50.000m	No Cumple
81	6.523m	50.000m	No Cumple
82	13.018m	50.000m	No Cumple
83	10.451m	50.000m	No Cumple
84	9.679m	50.000m	No Cumple
85	11.165m	50.000m	No Cumple
86	10.318m	50.000m	No Cumple
87	15.009m	50.000m	No Cumple
88	7.383m	50.000m	No Cumple
89	9.509m	50.000m	No Cumple
90	13.227m	50.000m	No Cumple
91	8.516m	50.000m	No Cumple
92	2.864m	50.000m	No Cumple
93	11.442m	50.000m	No Cumple
94	7.255m	50.000m	No Cumple
95	10.073 m	50.000m	No Cumple

96	6.559m	50.000m	No Cumple
97	16.011m	50.000m	No Cumple
98	11.909m	50.000m	No Cumple
99	3.139m	50.000m	No Cumple
100	9.545m	50.000m	No Cumple
101	15.423m	50.000m	No Cumple
102	19.805m	50.000m	No Cumple
103	7.184m	50.000m	No Cumple
104	17.877m	50.000m	No Cumple
105	5.273m	50.000m	No Cumple
106	8.915m	50.000m	No Cumple
107	13.508m	50.000m	No Cumple
108	16.652m	50.000m	No Cumple
109	7.699m	50.000m	No Cumple
110	19.413m	50.000m	No Cumple
111	18.787m	50.000m	No Cumple
112	7.501m	50.000m	No Cumple

**Nota:** "xi" En la siguiente tabla se representa

solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°72** se compara y evalúa los radios que se obtuvieron in situ, realizando la comparación con las condiciones mínimas del Chile-2022 y ABC- 2007, verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa- Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 43***Radios Chile-2022*

En la **figura N°43** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de los radios de la trocha carrozable Puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma Chile-2022.

**Tabla 73***Radios Vialidad-2010*

Nº	Xi	Vialidad-2010 Radio min	Cumple/No cumple
1	50.000m	50.000m	Cumple
2	11.868m	50.000m	No Cumple
3	12.590m	50.000m	No Cumple
4	7.587m	50.000m	No Cumple
5	5.356m	50.000m	No Cumple
6	3.501m	50.000m	No Cumple
7	11.514m	50.000m	No Cumple
8	11.201m	50.000m	No Cumple
9	10.235m	50.000m	No Cumple
	102.401m	50.000m	No Cumple
	117.138m	50.000m	No Cumple
	126.493m	50.000m	No Cumple

13	12.118m	50.000m	No Cumple
14	3.456m	50.000m	No Cumple
15	5.789m	50.000m	No Cumple
16	14.067m	50.000m	No Cumple
17	13.250m	50.000m	No Cumple
18	7.664m	50.000m	No Cumple
19	9.111m	50.000m	No Cumple
20	3.052m	50.000m	No Cumple
21	8.527m	50.000m	No Cumple
22	2.916m	50.000m	No Cumple
23	12.171m	50.000m	No Cumple
24	2.449m	50.000m	No Cumple
25	12.489m	50.000m	No Cumple
26	3.920m	50.000m	No Cumple
27	8.772m	50.000m	No Cumple
28	3.393m	50.000m	No Cumple
29	10.954m	50.000m	No Cumple
30	10.397m	50.000m	No Cumple
31	2.523m	50.000m	No Cumple
32	11.689m	50.000m	No Cumple
33	13.295m	50.000m	No Cumple
34	9.163m	50.000m	No Cumple
35	3.033m	50.000m	No Cumple
36	14.023m	50.000m	No Cumple
37	11.018m	50.000m	No Cumple
38	8.905m	50.000m	No Cumple
39	1.951m	50.000m	No Cumple
40	7.155m	50.000m	No Cumple
41	6.410m	50.000m	No Cumple
42	9.193m	50.000m	No Cumple
43	2.685m	50.000m	No Cumple
44	3.727m	50.000m	No Cumple
45	13.650m	50.000m	No Cumple
46	3.101m	50.000m	No Cumple
47	8.201m	50.000m	No Cumple
48	8.061m	50.000m	No Cumple
49	4.434m	50.000m	No Cumple
50	4.624m	50.000m	No Cumple
51	8.753m	50.000m	No Cumple
52	2.424m	50.000m	No Cumple
53	9.499m	50.000m	No Cumple
54	7.262m	50.000m	No Cumple
55	13.453m	50.000m	No Cumple

56	5.120m	50.000m	No Cumple
57	10.136m	50.000m	No Cumple
58	7.262m	50.000m	No Cumple
59	1.692m	50.000m	No Cumple
60	14.119m	50.000m	No Cumple
61	4.642m	50.000m	No Cumple
62	9.692m	50.000m	No Cumple
63	6.533m	50.000m	No Cumple
64	3.157m	50.000m	No Cumple
65	15.698m	50.000m	No Cumple
66	11.061m	50.000m	No Cumple
67	13.196m	50.000m	No Cumple
68	7.815m	50.000m	No Cumple
69	2.461m	50.000m	No Cumple
70	13.265m	50.000m	No Cumple
71	12.756m	50.000m	No Cumple
72	2.333m	50.000m	No Cumple
73	9.968m	50.000m	No Cumple
74	11.165m	50.000m	No Cumple
75	15.009m	50.000m	No Cumple
76	14.728m	50.000m	No Cumple
77	2.885m	50.000m	No Cumple
78	12.404m	50.000m	No Cumple
79	12.922m	50.000m	No Cumple
80	2.825m	50.000m	No Cumple

**Nota:** “xi” En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°73** se compara y evalúa los radios que se obtuvieron in situ, realizando la comparación con las condiciones mínimas de Vialidad-2010, verificando el estado situacional de la trocha carrozable Puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 44***Radios Vialidad-2010*

En la **figura N°44** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de los radios de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma Vialidad-2010.

**Tabla 74***Radios MTC-1997*

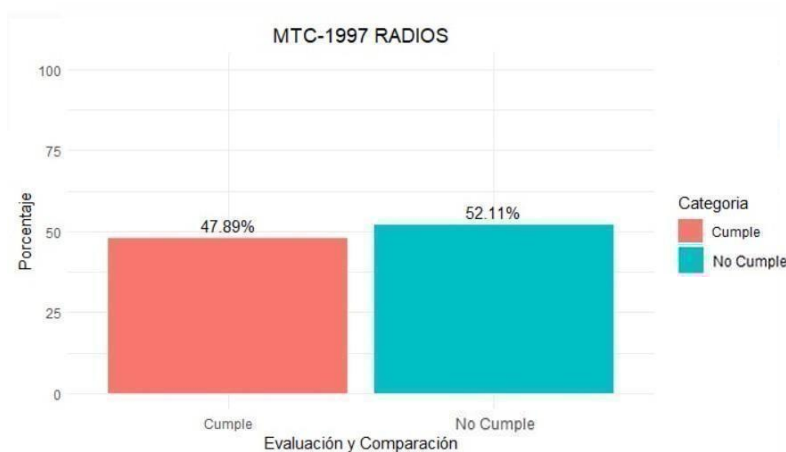
Nº	Xi	MTC-1997 Radio min	Cumple/No cumple
1	48.00m	48.00m	Cumple
2	11.201m	48.00m	No Cumple
3	10.419m	48.00m	No Cumple
4	16.877m	48.00m	No Cumple
5	7.323m	48.00m	No Cumple
6	4.752m	48.00m	No Cumple
7	9.009m	48.00m	No Cumple
8	5.789m	48.00m	No Cumple
9	14.051m	48.00m	No Cumple
10	15.182m	48.00m	No Cumple
11	9.482m	48.00m	No Cumple
12	16.118m	48.00m	No Cumple
13	5.943m	48.00m	No Cumple

14	3.052m	48.00m	No Cumple
15	8.527m	48.00m	No Cumple
16	13.657m	48.00m	No Cumple
17	12.404m	48.00m	No Cumple
18	17.459m	48.00m	No Cumple
19	11.169m	48.00m	No Cumple
20	3.133m	48.00m	No Cumple
21	4.624m	48.00m	No Cumple
22	8.753m	48.00m	No Cumple
23	2.424m	48.00m	No Cumple
24	9.499m	48.00m	No Cumple
25	7.262m	48.00m	No Cumple
26	13.453m	48.00m	No Cumple
27	5.120m	48.00m	No Cumple
28	10.136m	48.00m	No Cumple
29	25.312m	48.00m	No Cumple
30	12.159m	48.00m	No Cumple
31	33.126m	48.00m	No Cumple
32	2.725m	48.00m	No Cumple
33	9.136m	48.00m	No Cumple
34	11.346m	48.00m	No Cumple
35	17.245m	48.00m	No Cumple
36	12.404m	48.00m	No Cumple
37	13.278m	48.00m	No Cumple
38	11.169m	48.00m	No Cumple
39	41.357m	48.00m	No Cumple
40	3.273m	48.00m	No Cumple
41	8.191m	48.00m	No Cumple
42	27.654m	48.00m	No Cumple
43	16.884m	48.00m	No Cumple

**Nota:** "xi" En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°74** se compara y evalúa los radios que se obtuvieron in situ, realizando la comparación con las condiciones mínimas del MTC-1997, verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 45**  
*Radios MTC-1997*



En la **figura N°45** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de los radios de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma MTC-1997.

- **Sobre anchos**

Se realizó el recorrido de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 75**

*Sobreanchos DG-2018*

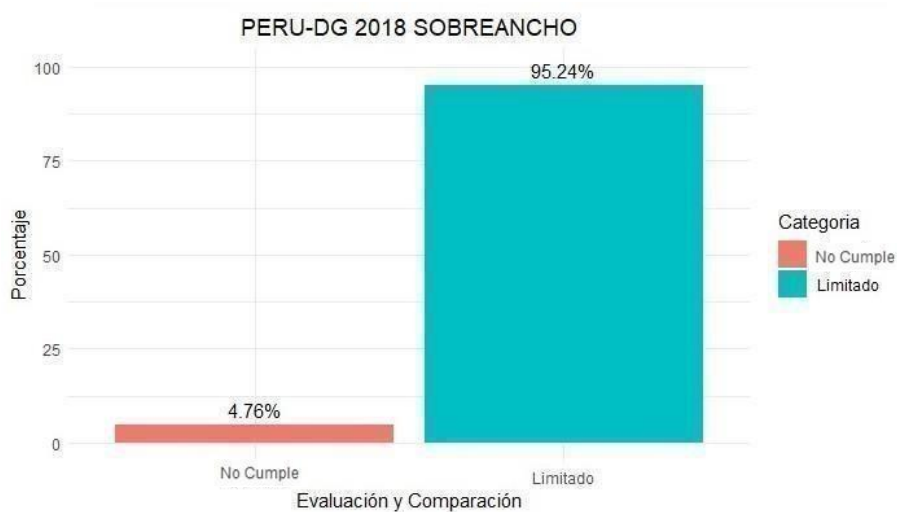
Nº	Radios (m)-xi	DG-2018 Sa mínimo	Sa	Cumple/No Cumple/Limitado
1	25	2.8 <	0.973	No Cumple
3	5.393	2.8 <	3.430	limitado
5	9.984	2.8 <	1.923	limitado
6	8.319	2.8 <	2.238	limitado
7	9.67	2.8 <	1.973	limitado
8	7.085	2.8 <	2.581	limitado
9	5.789	2.8 <	3.160	limitado
	6.327	2.8 <	2.878	limitado



119.228	2.8 <	2.051	limitado
149.313	2.8 <	2.035	limitado
157.865	2.8 <	2.349	limitado
164.497	2.8 <	4.595	limitado
179.659	2.8 <	1.975	limitado
196.26	2.8 <	2.910	limitado
219.481	2.8 <	2.005	limitado
227.228	2.8 <	2.534	limitado
246.17	2.8 <	2.953	limitado
255.795	2.8 <	3.156	limitado
268.736	2.8 <	2.147	limitado
285.601	2.8 <	3.280	limitado
298.942	2.8 <	2.105	limitado
338.937	2.8 <	2.106	limitado
344.312	2.8 <	5.435	limitado
359.631	2.8 <	1.980	limitado
367.574	2.8 <	2.429	limitado
377.876	2.8 <	2.346	limitado
387.33	2.8 <	2.502	limitado
397.501	2.8 <	2.450	limitado
408.832	2.8 <	2.127	limitado

**Nota:** "limitado" está restringida solo en el extremo inferior, la DG-2018 indica que solo existe criterio para radios menores de 25 m y velocidad de diseño menores a 80km/h, y que debe realizarse al borde interior de la calzada, "xi"  
 En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°75** se compara y evalúa los sobreeanchos calculados, realizando esta comparación con las condiciones mínimas del DG-2018, verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 30 km/h.

**Figura 46***Sobrancho DG-2018*

En la **figura N°46** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de los sobranchos de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma DG-2018.

**Tabla 76***Sobranchos INVIAS-2008*

Nº	Radio-Xi(m)	Sa	Cumple/No Cumple/Limitado
1	41	0.780	Cumple
2	10.904	2.935	Limitado
3	11.577	2.764	Limitado
4	7.911	4.045	Limitado
5	5.397	5.929	Limitado
6	3.505	9.130	Limitado
7	11.22	2.852	Limitado
8	11.201	2.857	Limitado
9	12.597	2.540	Limitado
10	10.288	3.110	Limitado
11	5.587	5.728	Limitado
12	10.448	3.063	Limitado

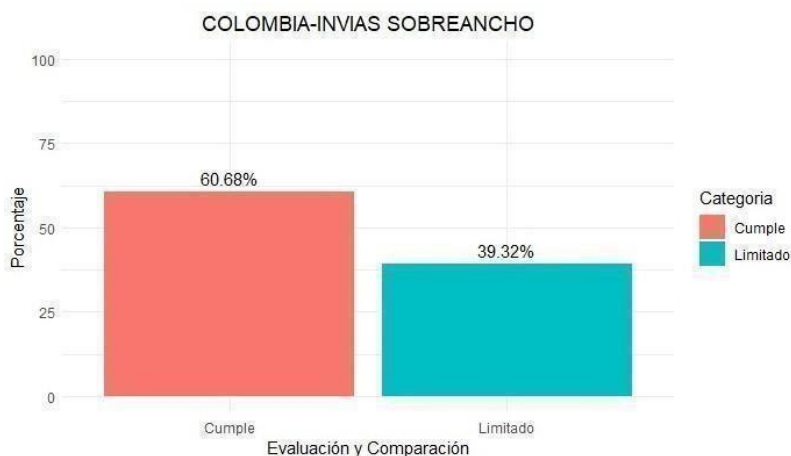
13	5.789	5.528	Limitado
14	14.058	2.276	Limitado
15	16.151	1.981	Limitado
16	10.749	2.977	Limitado
17	16.118	1.985	Limitado
18	7.514	4.259	Limitado
19	3.052	10.485	Limitado
20	8.527	3.753	Limitado
21	14.728	2.173	Limitado
22	12.404	2.580	Limitado
23	12.922	2.476	Limitado
24	3.022	10.589	Limitado
25	8.564	3.737	Limitado
26	3.393	9.431	Limitado
27	9.717	3.293	Limitado
28	11.516	2.779	Limitado
29	8.286	3.862	Limitado
30	3.14	10.191	Limitado
31	13.815	2.316	Limitado
32	11.051	2.896	Limitado
33	8.52	3.756	Limitado
34	7.088	4.515	Limitado
35	5.749	5.566	Limitado
36	7.72	4.145	Limitado
37	15.074	2.123	Limitado
38	15.625	2.048	Limitado
39	11.046	2.897	Limitado
40	13.71	2.334	Limitado
41	7.554	4.236	Limitado
42	16.078	1.990	Limitado
43	6.664	4.802	Limitado
44	4.568	7.005	Limitado
45	15.499	2.065	Limitado
46	6.998	4.573	Limitado
47	12.741	2.512	Limitado
48	7.995	4.003	Limitado
49	9.499	3.369	Limitado
50	7.262	4.406	Limitado
51	14.119	2.266	Limitado
52	4.642	6.894	Limitado
53	9.692	3.302	Limitado
54	6.533	4.898	Limitado
55	15.698	2.038	Limitado

56	11.061	2.893	Limitado
57	11.433	2.799	Limitado
58	6.957	4.600	Limitado
59	11.52	2.778	Limitado
60	3.228	9.913	Limitado
61	13.324	2.402	Limitado
62	11.993	2.668	Limitado
63	13.196	2.425	Limitado
64	7.815	4.095	Limitado
65	13.265	2.412	Limitado
66	12.756	2.509	Limitado
67	9.968	3.210	Limitado
68	11.165	2.866	Limitado
69	15.009	2.132	Limitado
70	7.383	4.334	Limitado
71	9.509	3.365	Limitado
72	15.765	2.030	Limitado
73	9.875	3.241	Limitado
74	11.674	2.741	Limitado
75	8.209	3.898	Limitado
76	10.301	3.106	Limitado
77	11.464	2.791	Limitado
78	4.042	7.917	Limitado
79	4.521	7.078	Limitado
80	9.892	3.235	Limitado
81	12.461	2.568	Limitado
82	7.325	4.369	Limitado
83	4.045	7.911	Limitado
84	12.071	2.651	Limitado
85	7.876	4.063	Limitado
86	12.971	2.467	Limitado
87	7.501	4.266	Limitado

**Nota:** "limitado" está restringida solo en el extremo inferior el INVIAS-2008 indica que el criterio para Sa solo existe para valores  $20\text{ m} < R < 160\text{m}$  de radio, para  $R=20\text{m}$  un  $S_a=1.60\text{m}$ , "xi" En la siguiente tabla se representa solamente los datos únicos que no cumplen de un conjunto más amplio de información, los valores obtenidos parten de la tabla de pendientes y tabla de radios.

En la **Tabla N°76** se compara y evalúa los sobreamchos calculados, realizando esta comparación con las condiciones mínimas del INVIAS-2008, verificando el estado situacional de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Figura 47**  
Sobreamchos INVIAS-2008



En la **gráfica N°50** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación del sobreamcho de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma INVIAS-2008.

**Tabla 77**

*Sobreamcho Vialidad-2010*

Vialidad-2010 Sa min	Limitado
0.5	limitado

**Nota:** El sobreamcho mínimo es 0.5m

En la **Tabla N°77** se evalúa el sobreamcho mínimo, con las condiciones mínimas del Vialidad-2010, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h. El término "limitado" se utiliza en este contexto para indicar que el valor numérico

proporcionado es una propuesta sin restricciones adicionales o criterios específicos establecidos en este manual de diseño. En otras palabras, este valor representa una recomendación directa sin condiciones adicionales.

**Tabla 78**  
*Sobreanchos MTC-1997*

MTC-1997 Sa min	Limitado
0.6	limitado

**Nota:** El sobreancho mínimo es 0.6m

En la **Tabla N°78** se evalúa el sobreancho mínimo, con las condiciones mínimas del MTC-1997, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h. El término 'limitado' se utiliza en este contexto para indicar que el valor numérico proporcionado es una propuesta sin restricciones adicionales o criterios específicos establecidos en este manual de diseño. En otras palabras, este valor representa una recomendación directa sin condiciones adicionales.

**b) Alineamiento Vertical**

En el alineamiento vertical evaluamos y comparamos los elementos geométricos existentes en la trocha puente Huayquipa-Huayquipa, teniendo en cuenta que ya existe un alineamiento vertical.

- Longitud de Curva Cóncava y Convexa

**Tabla 79***Longitud de curva convexa DG-2018*

DG-2018			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+061.02m	3111.709m	Convexa	5.821m
0+125.00m	3110.593m	Convexa	12.405m
0+145.05m	3109.000m	Convexa	1.912m
0+305.00m	3098.392m	Convexa	5.667m
0+398.85m	3093.398m	Convexa	3.178m
0+427.69m	3091.681m	Convexa	17.463m
0+473.13m	3087.496m	Convexa	6.493m
0+515.76m	3084.498m	Convexa	3.331m
0+550.00m	3081.937m	Convexa	7.950m
0+592.05m	3077.656m	Convexa	3.599m
0+628.92m	3073.887m	Convexa	4.135m
0+654.62m	3070.728m	Convexa	1.481m
0+691.44m	3069.048m	Convexa	2.148m
0+715.42m	3068.311m	Convexa	4.169m
0+727.11m	3067.707m	Convexa	13.782m
0+772.35m	3063.348m	Convexa	1.506m
0+831.35m	3058.317m	Convexa	1.947m
0+842.04m	3057.369m	Convexa	1.392m
0+872.73m	3054.737m	Convexa	5.182m
0+888.20m	3053.114m	Convexa	1.094m
0+916.83m	3050.730m	Convexa	1.620m
0+942.11m	3048.806m	Convexa	2.490m
1+012.77m	3044.887m	Convexa	2.530m
1+030.11m	3044.000m	Convexa	14.403m
1+142.35m	3036.133m	Convexa	10.629m
1+241.62m	3029.447m	Convexa	6.072m
1+311.46m	3025.039m	Convexa	3.217m
1+325.86m	3024.272m	Convexa	14.195m
1+396.07m	3016.573m	Convexa	4.366m
1+435.00m	3013.423m	Convexa	8.503m
1+508.99m	3007.785m	Convexa	0.941m
1+522.33m	3006.890m	Convexa	1.861m
1+642.46m	2997.573m	Convexa	4.974m
1+787.41m	2989.397m	Convexa	11.824m
1+809.76m	2988.515m	Convexa	10.115m

1+861.73m	2985.611m	Convexa	3.698m
1+904.41m	2983.227m	Convexa	5.134m
2+055.69m	2973.000m	Convexa	1.818m
2+168.22m	2965.607m	Convexa	20.822m
2+293.18m	2954.590m	Convexa	4.805m
2+314.66m	2952.720m	Convexa	0.779m
2+370.00m	2948.704m	Convexa	3.642m
2+407.38m	2946.455m	Convexa	7.415m
2+555.64m	2935.730m	Convexa	0.478m
2+671.81m	2931.112m	Convexa	10.742m
2+768.97m	2925.139m	Convexa	0.784m
2+796.96m	2923.753m	Convexa	2.879m
2+824.25m	2922.009m	Convexa	4.178m
2+882.77m	2918.107m	Convexa	3.798m
2+948.58m	2913.017m	Convexa	1.459m
2+967.86m	2911.844m	Convexa	6.546m
3+002.75m	2910.000m	Convexa	6.630m
3+080.00m	2905.506m	Convexa	14.067m
3+171.37m	2899.842m	Convexa	4.964m
3+205.00m	2897.701m	Convexa	15.372m
3+275.00m	2892.303m	Convexa	4.002m
3+308.15m	2891.000m	Convexa	18.183m
3+369.15m	2886.026m	Convexa	9.221m
3+390.83m	2883.727m	Convexa	0.654m
3+426.34m	2879.844m	Convexa	0.772m
3+452.08m	2876.931m	Convexa	1.555m
3+578.09m	2866.698m	Convexa	0.662m
3+645.98m	2870.190m	Convexa	11.330m
3+673.51m	2870.769m	Convexa	12.308m
3+689.48m	2870.123m	Convexa	16.354m
3+717.90m	2867.911m	Convexa	2.445m
3+738.19m	2866.812m	Convexa	14.725m
3+754.29m	2864.755m	Convexa	0.004m
3+778.15m	2861.705m	Convexa	3.732m
3+859.03m	2852.477m	Convexa	1.587m
3+898.13m	2849.553m	Convexa	17.366m
3+928.14m	2846.887m	Convexa	5.005m
3+952.38m	2845.115m	Convexa	11.079m
4+018.83m	2838.661m	Convexa	8.329m
4+060.00m	2836.127m	Convexa	4.811m
4+104.45m	2833.865m	Convexa	1.311m
4+140.89m	2832.561m	Convexa	6.738m
4+150.33m	2832.000m	Convexa	9.954m



4+232.49m	2825.470m	Convexa	1.824m
4+305.00m	2820.318m	Convexa	1.650m
4+367.51m	2816.398m	Convexa	2.392m
4+402.41m	2814.663m	Convexa	4.335m
4+435.00m	2812.718m	Convexa	2.093m
4+444.41m	2812.118m	Convexa	10.254m
4+532.61m	2804.375m	Convexa	1.135m
4+550.32m	2802.893m	Convexa	5.499m
4+594.64m	2799.435m	Convexa	0.813m
4+629.03m	2796.089m	Convexa	4.394m
4+704.00m	2791.434m	Convexa	18.349m
4+793.15m	2784.836m	Convexa	12.971m
4+828.42m	2781.202m	Convexa	2.463m
4+844.67m	2780.364m	Convexa	5.929m
4+916.22m	2774.854m	Convexa	2.120m
4+951.62m	2771.833m	Convexa	2.880m
5+007.31m	2766.588m	Convexa	3.681m
5+061.58m	2762.331m	Convexa	2.012m
5+101.66m	2760.081m	Convexa	10.817m
5+157.32m	2756.110m	Convexa	1.906m
5+171.80m	2755.376m	Convexa	11.365m
5+215.21m	2752.548m	Convexa	10.596m
5+241.55m	2750.421m	Convexa	2.763m
5+291.09m	2746.353m	Convexa	5.498m
5+306.62m	2744.677m	Convexa	10.722m
5+360.00m	2740.000m	Convexa	20.588m
5+380.00m	2737.878m	Convexa	4.908m
5+402.75m	2736.542m	Convexa	7.355m
5+416.83m	2735.197m	Convexa	6.787m
5+470.89m	2735.778m	Convexa	12.236m
5+580.33m	2727.271m	Convexa	17.669m
5+714.43m	2714.744m	Convexa	0.606m
5+746.97m	2715.000m	Convexa	27.054m
5+822.23m	2706.479m	Convexa	0.217m
5+874.46m	2704.448m	Convexa	26.538m
5+983.33m	2693.670m	Convexa	1.935m
6+085.00m	2686.656m	Convexa	4.191m
6+215.00m	2677.836m	Convexa	9.732m
6+320.83m	2668.216m	Convexa	9.152m
6+635.00m	2639.421m	Convexa	18.320m
6+715.00m	2630.803m	Convexa	1.452m
6+835.00m	2621.508m	Convexa	2.475m
6+893.25m	2616.741m	Convexa	1.946m

6+950.91m	2611.459m	Convexa	0.163m
7+010.00m	2606.000m	Convexa	2.436m
7+040.38m	2602.823m	Convexa	5.339m
7+122.62m	2594.382m	Convexa	41.414m
7+235.36m	2578.375m	Convexa	10.244m
7+502.06m	2553.279m	Convexa	5.748m
7+650.55m	2540.350m	Convexa	15.813m
7+711.42m	2532.538m	Convexa	0.297m
7+741.14m	2528.950m	Convexa	1.905m
7+840.00m	2518.455m	Convexa	6.171m
7+946.15m	2511.189m	Convexa	1.560m
8+032.03m	2506.197m	Convexa	6.861m
8+095.00m	2502.862m	Convexa	1.445m
8+155.83m	2501.000m	Convexa	2.614m
8+275.00m	2500.000m	Convexa	4.231m
8+535.00m	2504.217m	Convexa	9.284m
8+647.59m	2503.775m	Convexa	22.513m
8+755.79m	2499.891m	Convexa	14.344m
8+909.60m	2494.378m	Convexa	11.196m
9+105.00m	2488.000m	Convexa	3.992m
9+185.00m	2485.000m	Convexa	21.563m

En la **Tabla N°79** se observan las longitudes de curva convexas calculadas, siguiendo los lineamientos del DG-2018, empleando la velocidad de diseño de 30 km/h.

**Tabla 80**

*Longitud de curva cóncava DG-2018*

DG-2018			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+186.45m	3105.314m	Cóncava	4.079m
0+225.88m	3102.072m	Cóncava	20.618m
0+270.00m	3099.960m	Cóncava	1.841m
0+334.41m	3096.241m	Cóncava	13.595m
0+374.59m	3094.213m	Cóncava	10.113m
0+490.03m	3085.994m	Cóncava	18.432m
0+574.37m	3079.145m	Cóncava	18.182m
0+677.42m	3069.329m	Cóncava	15.250m

0+754.12m	3064.865m	Cóncava	3.645m
0+795.00m	3061.293m	Cóncava	1.224m
0+798.30m	3061.000m	Cóncava	2.947m
0+813.87m	3059.695m	Cóncava	2.936m
0+854.60m	3056.168m	Cóncava	9.974m
0+926.47m	3049.969m	Cóncava	2.800m
0+962.60m	3047.028m	Cóncava	20.149m
1+081.63m	3039.589m	Cóncava	1.210m
1+122.45m	3036.719m	Cóncava	24.522m
1+173.72m	3033.543m	Cóncava	35.532m
1+205.95m	3031.321m	Cóncava	9.844m
1+265.00m	3027.509m	Cóncava	0.929m
1+281.83m	3026.141m	Cóncava	26.504m
1+347.92m	3021.532m	Cóncava	12.742m
1+488.44m	3009.068m	Cóncava	11.448m
1+568.16m	3002.803m	Cóncava	23.672m
1+686.03m	2993.608m	Cóncava	20.069m
1+724.09m	2991.417m	Cóncava	11.578m
1+835.27m	2986.655m	Cóncava	5.382m
1+885.38m	2984.240m	Cóncava	2.846m
1+940.50m	2980.380m	Cóncava	1.422m
1+960.00m	2978.888m	Cóncava	27.760m
1+994.52m	2976.846m	Cóncava	28.463m
2+100.00m	2969.337m	Cóncava	14.139m
2+127.27m	2967.725m	Cóncava	4.431m
2+253.85m	2957.070m	Cóncava	0.842m
2+327.54m	2951.548m	Cóncava	22.271m
2+433.51m	2943.914m	Cóncava	15.521m
2+488.33m	2940.000m	Cóncava	3.083m
2+532.23m	2937.092m	Cóncava	4.859m
2+580.70m	2934.213m	Cóncava	11.520m
2+624.21m	2932.414m	Cóncava	8.387m
2+704.57m	2928.457m	Cóncava	16.940m
2+757.14m	2925.679m	Cóncava	4.341m
2+855.00m	2919.401m	Cóncava	22.918m
3+038.84m	2907.772m	Cóncava	4.030m
3+141.34m	2901.008m	Cóncava	1.637m
3+249.06m	2892.803m	Cóncava	28.856m
3+345.37m	2887.451m	Cóncava	4.328m
3+475.00m	2874.159m	Cóncava	14.699m
3+504.08m	2871.353m	Cóncava	7.369m
3+533.17m	2868.904m	Cóncava	17.747m
3+556.38m	2867.637m	Cóncava	6.817m

3+621.46m	2868.284m	Cóncava	2.496m
3+801.86m	2858.233m	Cóncava	18.821m
3+833.48m	2854.594m	Cóncava	19.374m
3+879.38m	2850.630m	Cóncava	19.960m
3+974.57m	2842.263m	Cóncava	14.123m
3+996.13m	2840.000m	Cóncava	12.636m
4+041.34m	2836.802m	Cóncava	27.842m
4+083.54m	2834.709m	Cóncava	11.910m
4+121.79m	2833.051m	Cóncava	12.768m
4+168.66m	2830.000m	Cóncava	19.738m
4+193.39m	2828.115m	Cóncava	5.144m
4+270.00m	2822.590m	Cóncava	7.102m
4+340.00m	2817.756m	Cóncava	7.523m
4+351.94m	2817.032m	Cóncava	11.938m
4+384.22m	2815.517m	Cóncava	3.446m
4+415.86m	2813.739m	Cóncava	9.181m
4+480.00m	2808.766m	Cóncava	29.540m
4+568.96m	2801.116m	Cóncava	17.959m
4+653.56m	2794.110m	Cóncava	8.758m
4+668.87m	2793.099m	Cóncava	8.148m
4+688.51m	2792.069m	Cóncava	6.895m
4+771.57m	2785.758m	Cóncava	8.585m
4+869.84m	2778.319m	Cóncava	3.900m
4+980.00m	2769.003m	Cóncava	6.765m
5+022.33m	2764.982m	Cóncava	23.585m
5+077.50m	2761.096m	Cóncava	21.381m
5+116.73m	2758.634m	Cóncava	10.189m
5+139.20m	2756.856m	Cóncava	22.732m
5+196.64m	2753.280m	Cóncava	14.066m
5+332.41m	2741.305m	Cóncava	16.845m
5+661.59m	2718.507m	Cóncava	15.667m
5+677.38m	2717.300m	Cóncava	2.144m
5+688.78m	2716.469m	Cóncava	3.366m
5+792.63m	2707.598m	Cóncava	19.665m
5+933.38m	2697.267m	Cóncava	10.350m
6+025.69m	2690.210m	Cóncava	13.060m
6+150.49m	2681.360m	Cóncava	15.743m
6+286.36m	2670.465m	Cóncava	22.826m
6+384.50m	2661.148m	Cóncava	4.045m
6+470.00m	2652.233m	Cóncava	12.161m
6+602.43m	2641.109m	Cóncava	19.300m
6+669.15m	2634.523m	Cóncava	37.384m
6+749.23m	2627.777m	Cóncava	6.612m

6+788.58m	2624.733m	Cóncava	4.735m
7+074.87m	2598.296m	Cóncava	29.589m
7+189.61m	2582.367m	Cóncava	16.867m
7+302.00m	2569.145m	Cóncava	29.184m
7+356.73m	2564.228m	Cóncava	4.707m
7+457.06m	2556.000m	Cóncava	12.924m
7+544.92m	2549.456m	Cóncava	39.141m
7+597.34m	2545.101m	Cóncava	37.511m
7+674.00m	2537.000m	Cóncava	14.159m
7+789.52m	2522.648m	Cóncava	28.324m
7+870.27m	2515.007m	Cóncava	38.155m
8+059.03m	2503.703m	Cóncava	41.425m
8+206.57m	2498.784m	Cóncava	36.864m
8+370.74m	2499.676m	Cóncava	4.004m
8+432.94m	2499.880m	Cóncava	23.523m
8+812.83m	2495.718m	Cóncava	35.592m
8+966.06m	2490.437m	Cóncava	31.368m
9+105.00m	2476.900m	Cóncava	48.599m

En la **Tabla N°80** se observan las longitudes de curva cóncava calculadas, siguiendo los lineamientos del DG-2018, empleando la velocidad de diseño de 30 km/h.

**Tabla 81**

*Longitud de curva cóncava NEVI-2012*

NEVI-2012			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+186.45m	3105.314m	Cóncava	4.079m
0+225.88m	3102.072m	Cóncava	20.618m
0+270.00m	3099.960m	Cóncava	1.841m
0+334.41m	3096.241m	Cóncava	13.595m
0+374.59m	3094.213m	Cóncava	10.113m
0+490.03m	3085.994m	Cóncava	18.432m
0+574.37m	3079.145m	Cóncava	18.182m
0+677.42m	3069.329m	Cóncava	15.250m
0+754.12m	3064.865m	Cóncava	3.645m
0+795.00m	3061.293m	Cóncava	1.224m
0+798.30m	3061.000m	Cóncava	2.947m

0+813.87m	3059.695m	Cóncava	2.936m
0+854.60m	3056.168m	Cóncava	9.974m
0+926.47m	3049.969m	Cóncava	2.800m
0+962.60m	3047.028m	Cóncava	20.149m
1+081.63m	3039.589m	Cóncava	1.210m
1+122.45m	3036.719m	Cóncava	24.522m
1+173.72m	3033.543m	Cóncava	35.532m
1+205.95m	3031.321m	Cóncava	9.844m
1+265.00m	3027.509m	Cóncava	0.929m
1+281.83m	3026.141m	Cóncava	26.504m
1+347.92m	3021.532m	Cóncava	12.742m
1+488.44m	3009.068m	Cóncava	11.448m
1+568.16m	3002.803m	Cóncava	23.672m
1+686.03m	2993.608m	Cóncava	20.069m
1+724.09m	2991.417m	Cóncava	11.578m
1+835.27m	2986.655m	Cóncava	5.382m
1+885.38m	2984.240m	Cóncava	2.846m
1+940.50m	2980.380m	Cóncava	1.422m
1+960.00m	2978.888m	Cóncava	27.760m
1+994.52m	2976.846m	Cóncava	28.463m
2+100.00m	2969.337m	Cóncava	14.139m
2+127.27m	2967.725m	Cóncava	4.431m
2+253.85m	2957.070m	Cóncava	0.842m
2+327.54m	2951.548m	Cóncava	22.271m
2+433.51m	2943.914m	Cóncava	15.521m
2+488.33m	2940.000m	Cóncava	3.083m
2+532.23m	2937.092m	Cóncava	4.859m
2+580.70m	2934.213m	Cóncava	11.520m
2+624.21m	2932.414m	Cóncava	8.387m
2+704.57m	2928.457m	Cóncava	16.940m
2+757.14m	2925.679m	Cóncava	4.341m
2+855.00m	2919.401m	Cóncava	22.918m
3+038.84m	2907.772m	Cóncava	4.030m
3+141.34m	2901.008m	Cóncava	1.637m
3+249.06m	2892.803m	Cóncava	28.856m
3+345.37m	2887.451m	Cóncava	4.328m
3+475.00m	2874.159m	Cóncava	14.699m
3+504.08m	2871.353m	Cóncava	7.369m
3+533.17m	2868.904m	Cóncava	17.747m
3+556.38m	2867.637m	Cóncava	6.817m
3+621.46m	2868.284m	Cóncava	2.496m
3+801.86m	2858.233m	Cóncava	18.821m
3+833.48m	2854.594m	Cóncava	19.374m

3+879.38m	2850.630m	Cóncava	19.960m
3+974.57m	2842.263m	Cóncava	14.123m
3+996.13m	2840.000m	Cóncava	12.636m
4+041.34m	2836.802m	Cóncava	27.842m
4+083.54m	2834.709m	Cóncava	11.910m
4+121.79m	2833.051m	Cóncava	12.768m
4+168.66m	2830.000m	Cóncava	19.738m
4+193.39m	2828.115m	Cóncava	5.144m
4+270.00m	2822.590m	Cóncava	7.102m
4+340.00m	2817.756m	Cóncava	7.523m
4+351.94m	2817.032m	Cóncava	11.938m
4+384.22m	2815.517m	Cóncava	3.446m
4+415.86m	2813.739m	Cóncava	9.181m
4+480.00m	2808.766m	Cóncava	29.540m
4+568.96m	2801.116m	Cóncava	12.405m
4+653.56m	2794.110m	Cóncava	13.595m
4+668.87m	2793.099m	Cóncava	10.113m
4+688.51m	2792.069m	Cóncava	3.178m
4+771.57m	2785.758m	Cóncava	7.950m
4+869.84m	2778.319m	Cóncava	15.250m
4+980.00m	2769.003m	Cóncava	13.782m
5+022.33m	2764.982m	Cóncava	3.645m
5+077.50m	2761.096m	Cóncava	1.224m
5+116.73m	2758.634m	Cóncava	2.936m
5+139.20m	2756.856m	Cóncava	1.947m
5+196.64m	2753.280m	Cóncava	1.094m
5+332.41m	2741.305m	Cóncava	1.210m
5+661.59m	2718.507m	Cóncava	5.134m
5+677.38m	2717.300m	Cóncava	1.818m
5+688.78m	2716.469m	Cóncava	23.672m
5+792.63m	2707.598m	Cóncava	11.824m
5+933.38m	2697.267m	Cóncava	3.698m
6+025.69m	2690.210m	Cóncava	5.134m
6+150.49m	2681.360m	Cóncava	27.760m
6+286.36m	2670.465m	Cóncava	28.463m
6+384.50m	2661.148m	Cóncava	1.818m
6+470.00m	2652.233m	Cóncava	14.139m
6+602.43m	2641.109m	Cóncava	4.431m
6+669.15m	2634.523m	Cóncava	1.756m
6+749.23m	2627.777m	Cóncava	4.805m
6+788.58m	2624.733m	Cóncava	0.779m
7+074.87m	2598.296m	Cóncava	15.521m
7+189.61m	2582.367m	Cóncava	0.478m

7+302.00m	2569.145m	Cóncava	8.387m
7+356.73m	2564.228m	Cóncava	10.742m
7+457.06m	2556.000m	Cóncava	16.940m
7+544.92m	2549.456m	Cóncava	0.784m
7+597.34m	2545.101m	Cóncava	4.178m
7+674.00m	2537.000m	Cóncava	8.375m
7+789.52m	2522.648m	Cóncava	6.546m
7+870.27m	2515.007m	Cóncava	6.630m
8+059.03m	2503.703m	Cóncava	7.853m
8+206.57m	2498.784m	Cóncava	15.372m
8+370.74m	2499.676m	Cóncava	28.856m
8+432.94m	2499.880m	Cóncava	23.523m
8+812.83m	2495.718m	Cóncava	35.592m
8+966.06m	2490.437m	Cóncava	31.368m
9+105.00m	2476.900m	Cóncava	48.599m

En la **Tabla N°81** se observan las longitudes de curva cóncava calculadas, siguiendo los lineamientos del NEVI-2012, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 82**

*Longitud de curva convexa NEVI-2012*

NEVI-2012			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+061.02m	3111.709m	Convexa	5.821m
0+125.00m	3110.593m	Convexa	12.405m
0+145.05m	3109.000m	Convexa	1.912m
0+305.00m	3098.392m	Convexa	5.667m
0+398.85m	3093.398m	Convexa	3.178m
0+427.69m	3091.681m	Convexa	17.463m
0+473.13m	3087.496m	Convexa	6.493m
0+515.76m	3084.498m	Convexa	3.331m
0+550.00m	3081.937m	Convexa	7.950m
0+592.05m	3077.656m	Convexa	3.599m
0+628.92m	3073.887m	Convexa	4.135m
0+654.62m	3070.728m	Convexa	1.481m
0+691.44m	3069.048m	Convexa	2.148m



0+715.42m	3068.311m	Convexa	4.169m
0+727.11m	3067.707m	Convexa	13.782m
0+772.35m	3063.348m	Convexa	1.506m
0+831.35m	3058.317m	Convexa	1.947m
0+842.04m	3057.369m	Convexa	1.392m
0+872.73m	3054.737m	Convexa	5.182m
0+888.20m	3053.114m	Convexa	1.094m
0+916.83m	3050.730m	Convexa	1.620m
0+942.11m	3048.806m	Convexa	2.490m
1+012.77m	3044.887m	Convexa	2.530m
1+030.11m	3044.000m	Convexa	14.403m
1+142.35m	3036.133m	Convexa	10.629m
1+241.62m	3029.447m	Convexa	6.072m
1+311.46m	3025.039m	Convexa	3.217m
1+325.86m	3024.272m	Convexa	14.195m
1+396.07m	3016.573m	Convexa	4.366m
1+435.00m	3013.423m	Convexa	8.503m
1+508.99m	3007.785m	Convexa	0.941m
1+522.33m	3006.890m	Convexa	1.861m
1+642.46m	2997.573m	Convexa	4.974m
1+787.41m	2989.397m	Convexa	11.824m
1+809.76m	2988.515m	Convexa	10.115m
1+861.73m	2985.611m	Convexa	3.698m
1+904.41m	2983.227m	Convexa	5.134m
2+055.69m	2973.000m	Convexa	1.818m
2+168.22m	2965.607m	Convexa	20.822m
2+293.18m	2954.590m	Convexa	4.805m
2+314.66m	2952.720m	Convexa	0.779m
2+370.00m	2948.704m	Convexa	3.642m
2+407.38m	2946.455m	Convexa	7.415m
2+555.64m	2935.730m	Convexa	0.478m
2+671.81m	2931.112m	Convexa	10.742m
2+768.97m	2925.139m	Convexa	0.784m
2+796.96m	2923.753m	Convexa	2.879m
2+824.25m	2922.009m	Convexa	4.178m
2+882.77m	2918.107m	Convexa	3.798m
2+948.58m	2913.017m	Convexa	1.459m
2+967.86m	2911.844m	Convexa	6.546m
3+002.75m	2910.000m	Convexa	6.630m
3+080.00m	2905.506m	Convexa	14.067m
3+171.37m	2899.842m	Convexa	4.964m
3+205.00m	2897.701m	Convexa	15.372m
3+275.00m	2892.303m	Convexa	4.002m

3+308.15m	2891.000m	Convexa	18.183m
3+369.15m	2886.026m	Convexa	9.221m
3+390.83m	2883.727m	Convexa	0.654m
3+426.34m	2879.844m	Convexa	0.772m
3+452.08m	2876.931m	Convexa	1.555m
3+578.09m	2866.698m	Convexa	0.662m
3+645.98m	2870.190m	Convexa	11.330m
3+673.51m	2870.769m	Convexa	12.308m
3+689.48m	2870.123m	Convexa	16.354m
3+717.90m	2867.911m	Convexa	2.445m
3+738.19m	2866.812m	Convexa	14.725m
3+754.29m	2864.755m	Convexa	0.004m
3+778.15m	2861.705m	Convexa	3.732m
3+859.03m	2852.477m	Convexa	1.587m
3+898.13m	2849.553m	Convexa	17.366m
3+928.14m	2846.887m	Convexa	5.005m
3+952.38m	2845.115m	Convexa	11.079m
4+018.83m	2838.661m	Convexa	8.329m
4+060.00m	2836.127m	Convexa	4.811m
4+104.45m	2833.865m	Convexa	1.311m
4+140.89m	2832.561m	Convexa	6.738m
4+150.33m	2832.000m	Convexa	9.954m
4+232.49m	2825.470m	Convexa	1.824m
4+305.00m	2820.318m	Convexa	1.650m
4+367.51m	2816.398m	Convexa	2.392m
4+402.41m	2814.663m	Convexa	4.335m
4+435.00m	2812.718m	Convexa	2.093m
4+444.41m	2812.118m	Convexa	10.254m
4+532.61m	2804.375m	Convexa	1.135m
4+550.32m	2802.893m	Convexa	5.821m
4+594.64m	2799.435m	Convexa	1.912m
4+629.03m	2796.089m	Convexa	5.667m
4+704.00m	2791.434m	Convexa	17.463m
4+793.15m	2784.836m	Convexa	18.182m
4+828.42m	2781.202m	Convexa	9.844m
4+844.67m	2780.364m	Convexa	1.311m
4+916.22m	2774.854m	Convexa	9.954m
4+951.62m	2771.833m	Convexa	1.824m
5+007.31m	2766.588m	Convexa	2.392m
5+061.58m	2762.331m	Convexa	6.630m
5+101.66m	2760.081m	Convexa	4.964m
5+157.32m	2756.110m	Convexa	18.183m
5+171.80m	2755.376m	Convexa	2.148m

5+215.21m	2752.548m	Convexa	1.506m
5+241.55m	2750.421m	Convexa	1.392m
5+291.09m	2746.353m	Convexa	2.490m
5+306.62m	2744.677m	Convexa	2.530m
5+360.00m	2740.000m	Convexa	6.072m
5+380.00m	2737.878m	Convexa	35.532m
5+402.75m	2736.542m	Convexa	9.844m
5+416.83m	2735.197m	Convexa	6.072m
5+470.89m	2735.778m	Convexa	9.844m
5+580.33m	2727.271m	Convexa	1.824m
5+714.43m	2714.744m	Convexa	1.475 m
5+746.97m	2715.000m	Convexa	20.069m
5+822.23m	2706.479m	Convexa	10.115m
5+874.46m	2704.448m	Convexa	7.46 m
5+983.33m	2693.670m	Convexa	2.846m
6+085.00m	2686.656m	Convexa	1.422m
6+215.00m	2677.836m	Convexa	5.929m
6+320.83m	2668.216m	Convexa	2.120m
6+635.00m	2639.421m	Convexa	23.585m
6+715.00m	2630.803m	Convexa	21.381m
6+835.00m	2621.508m	Convexa	22.732m
6+893.25m	2616.741m	Convexa	10.350m
6+950.91m	2611.459m	Convexa	1.935m
7+010.00m	2606.000m	Convexa	13.060m
7+040.38m	2602.823m	Convexa	4.191m
7+122.62m	2594.382m	Convexa	9.732m
7+235.36m	2578.375m	Convexa	11.520m
7+502.06m	2553.279m	Convexa	4.341m
7+650.55m	2540.350m	Convexa	14.344m
7+711.42m	2532.538m	Convexa	11.196m
7+741.14m	2528.950m	Convexa	31.368m
7+840.00m	2518.455m	Convexa	3.180m
7+946.15m	2511.189m	Convexa	4.030m
8+032.03m	2506.197m	Convexa	14.067m
8+095.00m	2502.862m	Convexa	1.637m
8+155.83m	2501.000m	Convexa	4.964m
8+275.00m	2500.000m	Convexa	3.992m
8+535.00m	2504.217m	Convexa	9.284m
8+647.59m	2503.775m	Convexa	22.513m
8+755.79m	2499.891m	Convexa	14.344m
8+909.60m	2494.378m	Convexa	11.196m
9+105.00m	2488.000m	Convexa	3.992m
9+105.00m	2485.000m	Convexa	21.563m

---

En la **Tabla N°82** se observan las longitudes de curva convexa calculadas, siguiendo los lineamientos del NEVI-2012, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 83***Longitud de curva convexa INVIAS-2008*

INVIAS-2008			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+125.00m	3110.593m	Convexa	19.754m
0+145.05m	3109.000m	Convexa	19.211m
0+305.00m	3098.392m	Convexa	13.965m
0+398.85m	3093.398m	Convexa	23.354m
0+445.63m	3089.046m	Convexa	7.017m
0+473.13m	3087.496m	Convexa	8.813m
0+550.00m	3081.937m	Convexa	22.978m
0+654.62m	3070.728m	Convexa	14.062m
0+677.42m	3069.329m	Convexa	2.964m
0+691.44m	3069.048m	Convexa	4.052m
0+715.42m	3068.311m	Convexa	8.341m
0+772.35m	3063.348m	Convexa	4.825m
0+795.00m	3061.293m	Convexa	7.166m
0+831.35m	3058.317m	Convexa	4.904m
0+888.20m	3053.114m	Convexa	10.856m
0+897.19m	3052.123m	Convexa	0.792m
0+926.47m	3049.969m	Convexa	15.281m
0+976.67m	3046.279m	Convexa	13.433m
1+043.57m	3042.341m	Convexa	0.547m
1+081.63m	3039.589m	Convexa	12.336m
1+142.35m	3036.133m	Convexa	19.546m
1+173.72m	3033.543m	Convexa	10.016m
1+311.46m	3025.039m	Convexa	33.490m
1+347.92m	3021.532m	Convexa	7.942m
1+396.07m	3016.573m	Convexa	21.752m
1+488.44m	3009.068m	Convexa	22.244m
1+542.38m	3005.358m	Convexa	3.978m
1+551.25m	3005.000m	Convexa	6.596m
1+642.46m	2997.573m	Convexa	10.957m
1+686.03m	2993.608m	Convexa	6.881m

1+724.09m	2991.417m	Convexa	0.313m
1+787.41m	2989.397m	Convexa	1.832m
1+835.27m	2986.655m	Convexa	3.826m
1+861.73m	2985.611m	Convexa	6.161m
1+940.50m	2980.380m	Convexa	0.626m
1+960.00m	2978.888m	Convexa	9.527m
1+994.52m	2976.846m	Convexa	1.933m
2+010.00m	2976.362m	Convexa	7.744m
2+127.27m	2967.725m	Convexa	4.901m
2+168.22m	2965.607m	Convexa	14.096m
2+293.18m	2954.590m	Convexa	7.198m
2+355.00m	2949.334m	Convexa	19.479m
2+407.38m	2946.455m	Convexa	7.899m
2+433.51m	2943.914m	Convexa	7.459m
2+580.70m	2934.213m	Convexa	13.091m
2+757.14m	2925.679m	Convexa	9.842m
2+768.97m	2925.139m	Convexa	20.605m
2+910.00m	2916.321m	Convexa	28.894m
2+948.58m	2913.017m	Convexa	14.266m
2+980.89m	2910.625m	Convexa	13.805m
3+080.00m	2905.506m	Convexa	24.609m
3+141.34m	2901.008m	Convexa	0.251m
3+171.37m	2899.842m	Convexa	1.790m
3+249.06m	2892.803m	Convexa	4.756m
3+275.00m	2892.303m	Convexa	7.961m
3+324.78m	2888.835m	Convexa	10.046m
3+390.83m	2883.727m	Convexa	6.811m
3+475.00m	2874.159m	Convexa	15.400m
3+504.08m	2871.353m	Convexa	16.931m
3+533.17m	2868.904m	Convexa	3.485m
3+556.38m	2867.637m	Convexa	25.095m
3+582.17m	2866.508m	Convexa	9.310m
3+599.81m	2866.692m	Convexa	16.030m
3+673.51m	2870.769m	Convexa	9.272m
3+689.48m	2870.123m	Convexa	8.138m
3+702.17m	2868.571m	Convexa	20.248m
3+754.29m	2864.755m	Convexa	13.712m
3+778.15m	2861.705m	Convexa	17.593m
3+879.38m	2850.630m	Convexa	15.402m
3+928.14m	2846.887m	Convexa	5.046m
3+974.57m	2842.263m	Convexa	3.488m
3+996.13m	2840.000m	Convexa	2.843m
4+041.34m	2836.802m	Convexa	12.565m

4+121.79m	2833.051m	Convexa	1.643m
4+150.33m	2832.000m	Convexa	2.591m
4+168.66m	2830.000m	Convexa	2.019m
4+193.39m	2828.115m	Convexa	54.478m
4+340.00m	2817.756m	Convexa	8.081m
4+351.94m	2817.032m	Convexa	8.593m
4+402.41m	2814.663m	Convexa	8.329m
4+461.33m	2810.171m	Convexa	1.311m
4+480.00m	2808.766m	Convexa	12.768m
4+507.59m	2806.614m	Convexa	9.954m
4+550.32m	2802.893m	Convexa	1.824m
4+605.36m	2798.690m	Convexa	7.523m
4+614.02m	2797.303m	Convexa	11.938m
4+629.03m	2796.089m	Convexa	3.446m
4+653.56m	2794.110m	Convexa	4.335m
4+723.74m	2789.249m	Convexa	1.935m
4+740.57m	2787.526m	Convexa	4.191m
4+771.57m	2785.758m	Convexa	15.743m
4+814.51m	2781.748m	Convexa	9.152m
4+869.84m	2778.319m	Convexa	19.300m
4+916.22m	2774.854m	Convexa	18.320m
5+007.31m	2766.588m	Convexa	6.612m
5+022.33m	2764.982m	Convexa	4.735m
5+061.58m	2762.331m	Convexa	2.475m
5+101.66m	2760.081m	Convexa	0.163m
5+157.32m	2756.110m	Convexa	29.589m
5+171.80m	2755.376m	Convexa	41.414m
5+215.21m	2752.548m	Convexa	11.196m
5+232.19m	2750.979m	Convexa	31.368m
5+257.29m	2749.267m	Convexa	21.563m
5+269.38m	2748.878m	Convexa	21.312m
5+306.62m	2744.677m	Convexa	4.169m
5+323.20m	2742.000m	Convexa	13.782m
5+372.39m	2738.138m	Convexa	1.506m
5+423.74m	2734.303m	Convexa	1.947m
5+470.89m	2735.778m	Convexa	9.974m
5+491.59m	2736.000m	Convexa	5.182m
5+597.89m	2726.474m	Convexa	0.779m
5+661.59m	2718.507m	Convexa	3.642m
5+677.38m	2717.300m	Convexa	7.415m
5+765.48m	2713.338m	Convexa	11.520m
5+792.63m	2707.598m	Convexa	10.742m
5+874.46m	2704.448m	Convexa	4.341m

5+983.33m	2693.670m	Convexa	4.178m
6+085.00m	2686.656m	Convexa	3.798m
6+150.49m	2681.360m	Convexa	28.856m
6+320.83m	2668.216m	Convexa	9.343m
6+384.50m	2661.148m	Convexa	4.328m
6+602.43m	2641.109m	Convexa	0.654m
6+715.00m	2630.803m	Convexa	14.699m
6+835.00m	2621.508m	Convexa	6.817m
6+893.25m	2616.741m	Convexa	0.662m
6+950.91m	2611.459m	Convexa	7.833m
7+010.00m	2606.000m	Convexa	11.096m
7+074.87m	2598.296m	Convexa	11.330m
7+122.62m	2594.382m	Convexa	12.308m
7+235.36m	2578.375m	Convexa	12.302m
7+302.00m	2569.145m	Convexa	3.876m
7+356.73m	2564.228m	Convexa	6.612m
7+544.92m	2549.456m	Convexa	18.027m
7+576.43m	2548.701m	Convexa	3.064m
7+674.00m	2537.000m	Convexa	2.054m
7+789.52m	2522.648m	Convexa	6.033m
7+870.27m	2515.007m	Convexa	7.237m
7+946.15m	2511.189m	Convexa	4.654m
8+095.00m	2502.862m	Convexa	0.784m
8+370.74m	2499.676m	Convexa	8.703m
8+535.00m	2504.217m	Convexa	14.03m
8+647.59m	2503.775m	Convexa	8.587m
8+680.00m	2500.000m	Convexa	11.942m
8+966.06m	2490.437m	Convexa	16.233m
9+105.00m	2488.000m	Convexa	9.069m
9+105.00m	2476.900m	Convexa	51.806m

En la **Tabla N°83** se observan las longitudes de curva convexa calculadas, siguiendo los lineamientos del INVIAS-2008, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 84**  
*Longitud de curva cóncava INVIAS-2008*

INVIAS-2008			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+061.02m	3111.709m	Cóncava	20.255m
0+186.45m	3105.314m	Cóncava	24.600m
0+225.88m	3102.072m	Cóncava	5.253m
0+270.00m	3099.960m	Cóncava	37.184m
0+334.41m	3096.241m	Cóncava	13.869m
0+374.59m	3094.213m	Cóncava	8.994m
0+427.69m	3091.681m	Cóncava	34.790m
0+490.03m	3085.994m	Cóncava	6.482m
0+515.76m	3084.498m	Cóncava	54.535m
0+574.37m	3079.145m	Cóncava	0.622m
0+592.05m	3077.656m	Cóncava	7.331m
0+628.92m	3073.887m	Cóncava	34.908m
0+658.88m	3070.172m	Cóncava	18.611m
0+727.11m	3067.707m	Cóncava	14.693m
0+740.89m	3066.046m	Cóncava	6.277m
0+754.12m	3064.865m	Cóncava	30.033m
0+798.30m	3061.000m	Cóncava	0.683m
0+813.87m	3059.695m	Cóncava	6.444m
0+842.04m	3057.369m	Cóncava	1.939m
0+854.60m	3056.168m	Cóncava	19.740m
0+872.73m	3054.737m	Cóncava	12.834m
0+916.83m	3050.730m	Cóncava	9.324m
0+942.11m	3048.806m	Cóncava	12.883m
0+962.60m	3047.028m	Cóncava	34.428m
1+122.45m	3036.719m	Cóncava	45.315m
1+205.95m	3031.321m	Cóncava	31.128m
1+241.62m	3029.447m	Cóncava	41.774m
1+281.83m	3026.141m	Cóncava	37.559m
1+415.09m	3014.199m	Cóncava	51.088m
1+435.00m	3013.423m	Cóncava	29.520m
1+508.99m	3007.785m	Cóncava	50.996m
1+522.33m	3006.890m	Cóncava	5.518m
1+568.16m	3002.803m	Cóncava	6.014m
1+581.22m	3001.623m	Cóncava	27.881m
1+780.48m	2989.260m	Cóncava	9.089m
1+809.76m	2988.515m	Cóncava	3.585m
1+824.77m	2987.164m	Cóncava	1.750m
1+885.38m	2984.240m	Cóncava	27.264m



1+904.41m	2983.227m	Cóncava	1.829m
1+973.93m	2978.466m	Cóncava	30.800m
2+055.69m	2973.000m	Cóncava	19.600m
2+100.00m	2969.337m	Cóncava	0.563m
2+201.26m	2960.459m	Cóncava	31.264m
2+253.85m	2957.070m	Cóncava	2.031m
2+314.66m	2952.720m	Cóncava	7.779m
2+327.54m	2951.548m	Cóncava	8.906m
2+347.02m	2950.499m	Cóncava	5.472m
2+370.00m	2948.704m	Cóncava	25.181m
2+488.33m	2940.000m	Cóncava	14.678m
2+532.23m	2937.092m	Cóncava	20.947m
2+624.21m	2932.414m	Cóncava	8.215m
2+671.81m	2931.112m	Cóncava	6.006m
2+704.57m	2928.457m	Cóncava	8.747m
2+796.96m	2923.753m	Cóncava	64.414m
2+882.77m	2918.107m	Cóncava	4.004m
3+002.75m	2910.000m	Cóncava	20.360m
3+038.84m	2907.772m	Cóncava	1.213m
3+103.26m	2902.590m	Cóncava	13.466m
3+205.00m	2897.701m	Cóncava	22.066m
3+231.39m	2893.993m	Cóncava	43.936m
3+308.15m	2891.000m	Cóncava	53.091m
3+345.37m	2887.451m	Cóncava	14.867m
3+369.15m	2886.026m	Cóncava	36.284m
3+426.34m	2879.844m	Cóncava	2.631m
3+452.08m	2876.931m	Cóncava	52.107m
3+621.46m	2868.284m	Cóncava	48.022m
3+645.98m	2870.190m	Cóncava	4.073m
3+717.90m	2867.911m	Cóncava	41.219m
3+738.19m	2866.812m	Cóncava	2.907m
3+801.86m	2858.233m	Cóncava	6.552m
3+833.48m	2854.594m	Cóncava	1.607m
3+859.03m	2852.477m	Cóncava	4.963m
3+898.13m	2849.553m	Cóncava	3.644m
3+910.84m	2847.719m	Cóncava	9.743m
3+952.38m	2845.115m	Cóncava	2.821m
4+005.67m	2839.200m	Cóncava	48.164m
4+018.83m	2838.661m	Cóncava	51.275m
4+060.00m	2836.127m	Cóncava	3.727m
4+083.54m	2834.709m	Cóncava	25.048m
4+104.45m	2833.865m	Cóncava	16.659m
4+140.89m	2832.561m	Cóncava	7.506m

4+232.49m	2825.470m	Cóncava	15.093m
4+270.00m	2822.590m	Cóncava	5.820m
4+305.00m	2820.318m	Cóncava	16.018m
4+367.51m	2816.398m	Cóncava	4.630m
4+384.22m	2815.517m	Cóncava	16.793m
4+415.86m	2813.739m	Cóncava	27.842m
4+435.00m	2812.718m	Cóncava	4.811m
4+444.41m	2812.118m	Cóncava	11.910m
4+495.64m	2808.359m	Cóncava	6.738m
4+532.61m	2804.375m	Cóncava	19.738m
4+542.86m	2803.399m	Cóncava	5.144m
4+618.00m	2796.736m	Cóncava	2.392m
4+668.87m	2793.099m	Cóncava	9.181m
4+688.51m	2792.069m	Cóncava	2.093m
4+715.00m	2789.974m	Cóncava	10.350m
4+793.15m	2784.836m	Cóncava	9.732m
4+807.59m	2783.283m	Cóncava	22.826m
4+828.42m	2781.202m	Cóncava	4.045m
4+844.67m	2780.364m	Cóncava	12.161m
4+951.62m	2771.833m	Cóncava	37.384m
4+980.00m	2769.003m	Cóncava	1.452m
5+077.50m	2761.096m	Cóncava	1.946m
5+116.73m	2758.634m	Cóncava	2.436m
5+139.20m	2756.856m	Cóncava	5.339m
5+183.76m	2754.090m	Cóncava	14.344m
5+196.64m	2753.280m	Cóncava	35.592m
5+241.55m	2750.421m	Cóncava	3.992m
5+278.19m	2747.390m	Cóncava	48.599m
5+291.09m	2746.353m	Cóncava	2.148m
5+332.41m	2741.305m	Cóncava	7.123m
5+360.00m	2740.000m	Cóncava	3.645m
5+380.00m	2737.878m	Cóncava	1.224m
5+402.75m	2736.542m	Cóncava	2.947m
5+416.83m	2735.197m	Cóncava	2.936m
5+441.01m	2733.629m	Cóncava	1.392m
5+517.23m	2728.884m	Cóncava	1.094m
5+556.38m	2726.242m	Cóncava	0.842m
5+620.00m	2723.000m	Cóncava	22.271m
5+635.00m	2722.535m	Cóncava	36.632m
5+637.29m	2721.000m	Cóncava	9.147m
5+688.78m	2716.469m	Cóncava	15.521m
5+746.97m	2715.000m	Cóncava	0.478m
5+897.81m	2700.442m	Cóncava	0.784m

5+933.38m	2697.267m	Cóncava	2.879m
6+025.69m	2690.210m	Cóncava	22.918m
6+215.00m	2677.836m	Cóncava	4.002m
6+286.36m	2670.465m	Cóncava	18.183m
6+470.00m	2652.233m	Cóncava	9.221m
6+635.00m	2639.421m	Cóncava	0.772m
6+669.15m	2634.523m	Cóncava	1.555m
6+749.23m	2627.777m	Cóncava	7.369m
6+788.58m	2624.733m	Cóncava	17.747m
7+147.30m	2587.250m	Cóncava	16.354m
7+189.61m	2582.367m	Cóncava	3.893m
7+457.06m	2556.000m	Cóncava	56.396m
7+502.06m	2553.279m	Cóncava	19.444m
7+597.34m	2545.101m	Cóncava	5.219m
7+627.00m	2541.852m	Cóncava	20.457m
7+650.55m	2540.350m	Cóncava	36.948m
7+711.42m	2532.538m	Cóncava	4.776m
7+741.14m	2528.950m	Cóncava	36.594m
7+840.00m	2518.455m	Cóncava	11.054m
8+032.03m	2506.197m	Cóncava	8.280m
8+059.03m	2503.703m	Cóncava	2.991m
8+155.83m	2501.000m	Cóncava	0.321m
8+206.57m	2498.784m	Cóncava	8.242m
8+275.00m	2500.000m	Cóncava	22.601m
8+432.94m	2499.880m	Cóncava	0.353m
8+755.79m	2499.891m	Cóncava	15.614m
8+812.83m	2495.718m	Cóncava	6.278m
8+909.60m	2494.378m	Cóncava	27.933m
9+005.00m	2485.000m	Cóncava	0.697m
9+045.53m	2481.000m	Cóncava	17.665m
9+090.79m	2476.698m	Cóncava	22.255m
9+105.49m	2480.591m	Cóncava	13.258m

En la **Tabla N°84** se observan las longitudes de curva cóncava calculadas, siguiendo los lineamientos del INVIAS-2008, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 85***Longitud de curva convexa Chile-2022*

Chile-2022/ABC-2007			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+061.02m	3111.709m	Convexa	4.982m
0+125.00m	3110.593m	Convexa	22.574m
0+270.00m	3099.960m	Convexa	16.247m
0+334.41m	3096.241m	Convexa	15.552m
0+398.85m	3093.398m	Convexa	17.585m
0+427.69m	3091.681m	Convexa	8.613m
0+473.13m	3087.496m	Convexa	9.280m
0+490.03m	3085.994m	Convexa	13.881m
0+550.00m	3081.937m	Convexa	3.658m
0+592.05m	3077.656m	Convexa	17.558m
0+658.88m	3070.172m	Convexa	8.579m
0+677.42m	3069.329m	Convexa	13.593m
0+715.42m	3068.311m	Convexa	1.768m
0+727.11m	3067.707m	Convexa	4.569m
0+772.35m	3063.348m	Convexa	2.793m
0+795.00m	3061.293m	Convexa	5.995m
0+798.30m	3061.000m	Convexa	1.110m
0+842.04m	3057.369m	Convexa	2.934m
0+854.60m	3056.168m	Convexa	1.860m
0+916.83m	3050.730m	Convexa	6.776m
0+942.11m	3048.806m	Convexa	1.709m
0+962.60m	3047.028m	Convexa	0.905m
1+012.77m	3044.887m	Convexa	2.552m
1+030.11m	3044.000m	Convexa	16.580m
1+142.35m	3036.133m	Convexa	42.423m
1+173.72m	3033.543m	Convexa	20.527m
1+205.95m	3031.321m	Convexa	3.653m
1+241.62m	3029.447m	Convexa	23.272m
1+311.46m	3025.039m	Convexa	1.057m
1+347.92m	3021.532m	Convexa	6.816m
1+415.09m	3014.199m	Convexa	6.221m
1+435.00m	3013.423m	Convexa	1.866m
1+522.33m	3006.890m	Convexa	6.542m
1+551.25m	3005.000m	Convexa	1.128m
1+581.22m	3001.623m	Convexa	6.660m
1+724.09m	2991.417m	Convexa	4.169m
1+780.48m	2989.260m	Convexa	9.628m
1+824.77m	2987.164m	Convexa	5.527m

1+861.73m	2985.611m	Convexa	17.501m
1+904.41m	2983.227m	Convexa	45.641m
1+960.00m	2978.888m	Convexa	6.813m
2+010.00m	2976.362m	Convexa	12.047m
2+253.85m	2957.070m	Convexa	18.483m
2+293.18m	2954.590m	Convexa	17.814m
2+327.54m	2951.548m	Convexa	24.282m
2+355.00m	2949.334m	Convexa	16.147m
2+370.00m	2948.704m	Convexa	34.262m
2+407.38m	2946.455m	Convexa	8.503m
2+433.51m	2943.914m	Convexa	11.448m
2+555.64m	2935.730m	Convexa	4.335m
2+580.70m	2934.213m	Convexa	9.181m
2+624.21m	2932.414m	Convexa	2.093m
2+704.57m	2928.457m	Convexa	4.974m
2+757.14m	2925.679m	Convexa	20.069m
2+855.00m	2919.401m	Convexa	10.115m
2+882.77m	2918.107m	Convexa	8.357m
2+910.00m	2916.321m	Convexa	5.382m
2+948.58m	2913.017m	Convexa	2.846m
3+002.75m	2910.000m	Convexa	27.760m
3+038.84m	2907.772m	Convexa	22.365m
3+080.00m	2905.506m	Convexa	28.463m
3+103.26m	2902.590m	Convexa	32.145
3+141.34m	2901.008m	Convexa	1.818m
3+171.37m	2899.842m	Convexa	14.139m
3+205.00m	2897.701m	Convexa	4.431m
3+275.00m	2892.303m	Convexa	0.842m
3+324.78m	2888.835m	Convexa	0.779m
3+426.34m	2879.844m	Convexa	3.642m
3+452.08m	2876.931m	Convexa	7.415m
3+533.17m	2868.904m	Convexa	4.859m
3+578.09m	2866.698m	Convexa	11.520m
3+645.98m	2870.190m	Convexa	4.341m
3+673.51m	2870.769m	Convexa	0.784m
3+717.90m	2867.911m	Convexa	22.918m
3+738.19m	2866.812m	Convexa	3.798m
3+754.29m	2864.755m	Convexa	4.394m
3+801.86m	2858.233m	Convexa	1.459m
3+833.48m	2854.594m	Convexa	6.546m
3+910.84m	2847.719m	Convexa	14.067m
3+928.14m	2846.887m	Convexa	14.066m
3+952.38m	2845.115m	Convexa	1.637m

3+996.13m	2840.000m	Convexa	15.372m
4+041.34m	2836.802m	Convexa	4.002m
4+060.00m	2836.127m	Convexa	18.183m
4+083.54m	2834.709m	Convexa	12.236m
4+104.45m	2833.865m	Convexa	4.328m
4+121.79m	2833.051m	Convexa	9.221m
4+140.89m	2832.561m	Convexa	0.654m
4+150.33m	2832.000m	Convexa	0.772m
4+232.49m	2825.470m	Convexa	7.369m
4+305.00m	2820.318m	Convexa	6.817m
4+384.22m	2815.517m	Convexa	2.496m
4+402.41m	2814.663m	Convexa	11.330m
4+444.41m	2812.118m	Convexa	26.538m
4+480.00m	2808.766m	Convexa	14.725m
4+532.61m	2804.375m	Convexa	18.821m
4+542.86m	2803.399m	Convexa	19.374m
4+594.64m	2799.435m	Convexa	17.366m
4+605.36m	2798.690m	Convexa	37.384m
4+614.02m	2797.303m	Convexa	5.005m
4+629.03m	2796.089m	Convexa	14.123m
4+653.56m	2794.110m	Convexa	12.636m
4+715.00m	2789.974m	Convexa	4.811m
4+723.74m	2789.249m	Convexa	11.910m
4+736.16m	2788.905m	Convexa	1.311m
4+771.57m	2785.758m	Convexa	6.738m
4+814.51m	2781.748m	Convexa	5.144m
4+828.42m	2781.202m	Convexa	1.824m
4+844.67m	2780.364m	Convexa	7.102m
4+869.84m	2778.319m	Convexa	1.650m
4+916.22m	2774.854m	Convexa	7.523m
4+951.62m	2771.833m	Convexa	11.938m
4+980.00m	2769.003m	Convexa	1.650m
5+061.58m	2762.331m	Convexa	8.242m
5+101.66m	2760.081m	Convexa	8.703m
5+171.80m	2755.376m	Convexa	11.942m
5+183.76m	2754.090m	Convexa	15.614m
5+232.19m	2750.979m	Convexa	14.159m
5+257.29m	2749.267m	Convexa	0.697m
5+291.09m	2746.353m	Convexa	22.255m
5+306.62m	2744.677m	Convexa	22.513m
5+360.00m	2740.000m	Convexa	35.937m
5+372.39m	2738.138m	Convexa	11.196m
5+380.00m	2737.878m	Convexa	26.771m

5+416.83m	2735.197m	Convexa	20.796m
5+423.74m	2734.303m	Convexa	18.328m
5+517.23m	2728.884m	Convexa	4.597m
5+556.38m	2726.242m	Convexa	7.462m
5+580.33m	2727.271m	Convexa	12.907m
5+620.00m	2723.000m	Convexa	13.712m
5+661.59m	2718.507m	Convexa	1.607m
5+677.38m	2717.300m	Convexa	4.963m
5+688.78m	2716.469m	Convexa	15.402m
5+714.43m	2714.744m	Convexa	3.644m
5+725.00m	2714.000m	Convexa	9.743m
5+746.97m	2715.000m	Convexa	5.046m
5+765.48m	2713.338m	Convexa	2.821m
5+822.23m	2706.479m	Convexa	48.164m
5+897.81m	2700.442m	Convexa	7.506m
6+085.00m	2686.656m	Convexa	1.643m
6+150.49m	2681.360m	Convexa	7.506m
6+320.83m	2668.216m	Convexa	54.478m
6+470.00m	2652.233m	Convexa	6.765m
6+635.00m	2639.421m	Convexa	1.939m
6+669.15m	2634.523m	Convexa	19.740m
6+788.58m	2624.733m	Convexa	0.792m
6+835.00m	2621.508m	Convexa	9.324m
6+893.25m	2616.741m	Convexa	15.281m
7+010.00m	2606.000m	Convexa	34.428m
7+040.38m	2602.823m	Convexa	13.433m
7+189.61m	2582.367m	Convexa	12.336m
7+235.36m	2578.375m	Convexa	45.315m
7+302.00m	2569.145m	Convexa	19.546m
7+457.06m	2556.000m	Convexa	31.128m
7+576.43m	2548.701m	Convexa	37.559m
7+597.34m	2545.101m	Convexa	33.490m
7+627.00m	2541.852m	Convexa	17.467m
7+650.55m	2540.350m	Convexa	7.942m
7+674.00m	2537.000m	Convexa	21.752m
7+711.42m	2532.538m	Convexa	51.088m
7+741.14m	2528.950m	Convexa	29.520m
7+870.27m	2515.007m	Convexa	5.518m
8+032.03m	2506.197m	Convexa	6.596m
8+206.57m	2498.784m	Convexa	6.881m
8+275.00m	2500.000m	Convexa	0.313m
8+535.00m	2504.217m	Convexa	3.585m
8+680.00m	2500.000m	Convexa	3.826m

8+755.79m	2499.891m	Convexa	6.161m
8+812.83m	2495.718m	Convexa	27.264m
9+105.00m	2488.000m	Convexa	9.527m
9+185.00m	2485.000m	Convexa	30.800m
9+212.53m	2481.000m	Convexa	1.933m
9+297.79m	2476.698m	Convexa	19.600m
9+345.49m	2480.591m	Convexa	0.563m

En la **Tabla N°85** se observan las longitudes de curva convexa calculadas, siguiendo los lineamientos de Chile-2022 y ABC-2007, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 86**  
*Longitud de curva cóncava Chile-2022*

Progresiva	Elevación	Chile-2022/ABC-2007	
		Tipo de curva	Longitud de Curva
0+145.05m	3109.000m	Cóncava	8.455m
0+186.45m	3105.314m	Cóncava	1.810m
0+225.88m	3102.072m	Cóncava	17.954m
0+305.00m	3098.392m	Cóncava	8.828m
0+374.59m	3094.213m	Cóncava	9.190m
0+445.63m	3089.046m	Cóncava	39.408m
0+515.76m	3084.498m	Cóncava	2.994m
0+574.37m	3079.145m	Cóncava	19.917m
0+628.92m	3073.887m	Cóncava	8.345m
0+654.62m	3070.728m	Cóncava	2.698m
0+691.44m	3069.048m	Cóncava	16.084m
0+740.89m	3066.046m	Cóncava	15.803m
0+754.12m	3064.865m	Cóncava	1.254m
0+813.87m	3059.695m	Cóncava	0.679m
0+831.35m	3058.317m	Cóncava	1.651m
0+872.73m	3054.737m	Cóncava	2.471m
0+888.20m	3053.114m	Cóncava	6.932m
0+897.19m	3052.123m	Cóncava	0.354m
0+926.47m	3049.969m	Cóncava	2.226m
0+976.67m	3046.279m	Cóncava	3.110m
1+043.57m	3042.341m	Cóncava	20.250m
1+081.63m	3039.589m	Cóncava	34.859m
1+122.45m	3036.719m	Cóncava	23.571m



1+265.00m	3027.509m	Cóncava	7.080m
1+281.83m	3026.141m	Cóncava	12.328m
1+325.86m	3024.272m	Cóncava	15.031m
1+396.07m	3016.573m	Cóncava	3.478m
1+488.44m	3009.068m	Cóncava	2.676m
1+508.99m	3007.785m	Cóncava	0.355m
1+542.38m	3005.358m	Cóncava	8.932m
1+568.16m	3002.803m	Cóncava	3.180m
1+642.46m	2997.573m	Cóncava	2.789m
1+686.03m	2993.608m	Cóncava	1.185m
1+787.41m	2989.397m	Cóncava	2.311m
1+809.76m	2988.515m	Cóncava	6.857m
1+835.27m	2986.655m	Cóncava	14.722m
1+885.38m	2984.240m	Cóncava	2.390m
1+973.93m	2978.466m	Cóncava	9.940m
1+994.52m	2976.846m	Cóncava	2.153m
2+055.69m	2973.000m	Cóncava	12.841m
2+100.00m	2969.337m	Cóncava	7.312m
2+127.27m	2967.725m	Cóncava	11.990m
2+168.22m	2965.607m	Cóncava	15.193m
2+201.26m	2960.459m	Cóncava	14.935m
2+314.66m	2952.720m	Cóncava	18.015m
2+347.02m	2950.499m	Cóncava	18.897m
2+488.33m	2940.000m	Cóncava	0.941m
2+532.23m	2937.092m	Cóncava	1.861m
2+671.81m	2931.112m	Cóncava	10.254m
2+768.97m	2925.139m	Cóncava	11.578m
2+796.96m	2923.753m	Cóncava	5.498m
2+824.25m	2922.009m	Cóncava	11.824m
2+917.56m	2914.676m	Cóncava	3.698m
2+967.86m	2911.844m	Cóncava	5.134m
2+980.89m	2910.625m	Cóncava	1.422m
3+231.39m	2893.993m	Cóncava	20.822m
3+249.06m	2892.803m	Cóncava	6.765m
3+308.15m	2891.000m	Cóncava	4.805m
3+345.37m	2887.451m	Cóncava	22.271m
3+369.15m	2886.026m	Cóncava	3.900m
3+390.83m	2883.727m	Cóncava	4.394m
3+475.00m	2874.159m	Cóncava	15.521m
3+504.08m	2871.353m	Cóncava	3.083m
3+556.38m	2867.637m	Cóncava	0.478m
3+621.46m	2868.284m	Cóncava	16.940m
3+689.48m	2870.123m	Cóncava	2.879m

3+702.17m	2868.571m	Cóncava	4.178m
3+778.15m	2861.705m	Cóncava	11.938m
3+859.03m	2852.477m	Cóncava	10.254m
3+879.38m	2850.630m	Cóncava	6.630m
3+898.13m	2849.553m	Cóncava	4.030m
3+974.57m	2842.263m	Cóncava	4.964m
4+005.67m	2839.200m	Cóncava	5.005m
4+018.83m	2838.661m	Cóncava	28.856m
4+168.66m	2830.000m	Cóncava	1.555m
4+193.39m	2828.115m	Cóncava	14.699m
4+270.00m	2822.590m	Cóncava	17.747m
4+340.00m	2817.756m	Cóncava	0.662m
4+351.94m	2817.032m	Cóncava	7.369m
4+367.51m	2816.398m	Cóncava	16.940m
4+415.86m	2813.739m	Cóncava	12.308m
4+435.00m	2812.718m	Cóncava	16.354m
4+461.33m	2810.171m	Cóncava	2.445m
4+550.32m	2802.893m	Cóncava	1.587m
4+568.96m	2801.116m	Cóncava	19.960m
4+618.00m	2796.736m	Cóncava	11.079m
4+668.87m	2793.099m	Cóncava	10.115m
4+688.51m	2792.069m	Cóncava	8.329m
4+704.00m	2791.434m	Cóncava	27.842m
4+740.57m	2787.526m	Cóncava	12.768m
4+793.15m	2784.836m	Cóncava	9.954m
4+807.59m	2783.283m	Cóncava	19.738m
5+007.31m	2766.588m	Cóncava	0.784m
5+022.33m	2764.982m	Cóncava	0.321m
5+077.50m	2761.096m	Cóncava	22.601m
5+116.73m	2758.634m	Cóncava	0.353m
5+139.20m	2756.856m	Cóncava	7.166m
5+157.32m	2756.110m	Cóncava	37.184m
5+196.64m	2753.280m	Cóncava	6.278m
5+215.21m	2752.548m	Cóncava	27.933m
5+241.55m	2750.421m	Cóncava	9.069m
5+323.20m	2742.000m	Cóncava	50.422m
5+332.41m	2741.305m	Cóncava	29.520m
5+402.75m	2736.542m	Cóncava	35.566m
5+441.01m	2733.629m	Cóncava	25.039m
5+470.89m	2735.778m	Cóncava	42.812m
5+491.59m	2736.000m	Cóncava	23.952m
5+597.89m	2726.474m	Cóncava	2.907m
5+635.00m	2722.535m	Cóncava	17.593m

5+637.29m	2721.000m	Cóncava	6.552m
5+775.37m	2708.816m	Cóncava	3.488m
5+792.63m	2707.598m	Cóncava	2.843m
5+874.46m	2704.448m	Cóncava	51.275m
5+933.38m	2697.267m	Cóncava	3.727m
5+983.33m	2693.670m	Cóncava	25.048m
6+025.69m	2690.210m	Cóncava	16.659m
6+215.00m	2677.836m	Cóncava	2.591m
6+286.36m	2670.465m	Cóncava	2.019m
6+384.50m	2661.148m	Cóncava	15.093m
6+602.43m	2641.109m	Cóncava	3.681m
6+715.00m	2630.803m	Cóncava	12.834m
6+749.23m	2627.777m	Cóncava	10.856m
6+950.91m	2611.459m	Cóncava	12.883m
7+074.87m	2598.296m	Cóncava	0.626m
7+122.62m	2594.382m	Cóncava	2.031m
7+147.30m	2587.250m	Cóncava	0.547m
7+356.73m	2564.228m	Cóncava	10.016m
7+502.06m	2553.279m	Cóncava	41.774m
7+544.92m	2549.456m	Cóncava	6.006m
7+789.52m	2522.648m	Cóncava	22.244m
7+840.00m	2518.455m	Cóncava	50.996m
7+946.15m	2511.189m	Cóncava	3.978m
8+059.03m	2503.703m	Cóncava	6.014m
8+095.00m	2502.862m	Cóncava	27.881m
8+155.83m	2501.000m	Cóncava	10.957m
8+370.74m	2499.676m	Cóncava	9.089m
8+432.94m	2499.880m	Cóncava	1.832m
8+647.59m	2503.775m	Cóncava	1.750m
8+909.60m	2494.378m	Cóncava	1.829m
8+966.06m	2490.437m	Cóncava	0.626m
9+260.00m	2476.900m	Cóncava	7.744m

En la **Tabla N°86** se observan las longitudes de curva cóncava calculadas, siguiendo los lineamientos del Chile-2022 y ABC-2007, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 87***Longitud de curva cóncava Vialidad-2010*

Vialidad-2010			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+186.45m	3105.314m	Cóncava	22.442
0+225.88m	3102.072m	Cóncava	11.841
0+270.00m	3099.960m	Cóncava	33.65
0+334.41m	3096.241m	Cóncava	35.907
0+374.59m	3094.213m	Cóncava	28.679
0+490.03m	3085.994m	Cóncava	16.077
0+574.37m	3079.145m	Cóncava	14.261
0+677.42m	3069.329m	Cóncava	13.018
0+754.12m	3064.865m	Cóncava	14.351
0+795.00m	3061.293m	Cóncava	36.825
0+798.30m	3061.000m	Cóncava	11.46
0+813.87m	3059.695m	Cóncava	28.588
0+854.60m	3056.168m	Cóncava	38.171
0+926.47m	3049.969m	Cóncava	30.471
0+962.60m	3047.028m	Cóncava	24.836
1+081.63m	3039.589m	Cóncava	30.905
1+122.45m	3036.719m	Cóncava	14.013
1+173.72m	3033.543m	Cóncava	38.774
1+205.95m	3031.321m	Cóncava	12.048
1+265.00m	3027.509m	Cóncava	33.558
1+281.83m	3026.141m	Cóncava	30.516
1+347.92m	3021.532m	Cóncava	28.42
1+488.44m	3009.068m	Cóncava	21.688
1+568.16m	3002.803m	Cóncava	31.768
1+686.03m	2993.608m	Cóncava	13.632
1+724.09m	2991.417m	Cóncava	24.203
1+835.27m	2986.655m	Cóncava	30.243
1+885.38m	2984.240m	Cóncava	14.256
1+940.50m	2980.380m	Cóncava	25.47
1+960.00m	2978.888m	Cóncava	20.412
1+994.52m	2976.846m	Cóncava	11.264
2+100.00m	2969.337m	Cóncava	36.621
2+127.27m	2967.725m	Cóncava	12.618
2+253.85m	2957.070m	Cóncava	15.632
2+327.54m	2951.548m	Cóncava	13.396
2+433.51m	2943.914m	Cóncava	29.301
2+488.33m	2940.000m	Cóncava	31.501
2+532.23m	2937.092m	Cóncava	27.478

2+580.70m	2934.213m	Cóncava	14.204
2+624.21m	2932.414m	Cóncava	27.425
2+704.57m	2928.457m	Cóncava	36.279
2+757.14m	2925.679m	Cóncava	35.114
2+855.00m	2919.401m	Cóncava	35.905
3+038.84m	2907.772m	Cóncava	27.838
3+141.34m	2901.008m	Cóncava	13.78
3+249.06m	2892.803m	Cóncava	24.682
3+345.37m	2887.451m	Cóncava	15.738
3+475.00m	2874.159m	Cóncava	14.346
3+504.08m	2871.353m	Cóncava	32.166
3+533.17m	2868.904m	Cóncava	13.583
3+556.38m	2867.637m	Cóncava	24.542
3+621.46m	2868.284m	Cóncava	25.777
3+801.86m	2858.233m	Cóncava	11.145
3+833.48m	2854.594m	Cóncava	24.711
3+879.38m	2850.630m	Cóncava	26.385
3+974.57m	2842.263m	Cóncava	24.861
3+996.13m	2840.000m	Cóncava	33.619
4+041.34m	2836.802m	Cóncava	27.498
4+083.54m	2834.709m	Cóncava	23.153
4+121.79m	2833.051m	Cóncava	29.137
4+168.66m	2830.000m	Cóncava	22.562
4+193.39m	2828.115m	Cóncava	24.428
4+270.00m	2822.590m	Cóncava	32.318
4+340.00m	2817.756m	Cóncava	18.245
4+351.94m	2817.032m	Cóncava	33.214
4+384.22m	2815.517m	Cóncava	20.225
4+415.86m	2813.739m	Cóncava	28.18
4+480.00m	2808.766m	Cóncava	19.929
4+568.96m	2801.116m	Cóncava	16.204
4+653.56m	2794.110m	Cóncava	29.987
4+668.87m	2793.099m	Cóncava	25.869
4+688.51m	2792.069m	Cóncava	23.938
4+771.57m	2785.758m	Cóncava	34.211
4+869.84m	2778.319m	Cóncava	30.392
4+980.00m	2769.003m	Cóncava	23.374
5+022.33m	2764.982m	Cóncava	36.558
5+077.50m	2761.096m	Cóncava	35.455
5+116.73m	2758.634m	Cóncava	26.798
5+139.20m	2756.856m	Cóncava	16.425
5+196.64m	2753.280m	Cóncava	13.066
5+332.41m	2741.305m	Cóncava	16.346
5+661.59m	2718.507m	Cóncava	34.811
5+677.38m	2717.300m	Cóncava	31.888

5+688.78m	2716.469m	Cóncava	29.917
5+792.63m	2707.598m	Cóncava	23.754
5+933.38m	2697.267m	Cóncava	28.644
6+025.69m	2690.210m	Cóncava	38.275
6+150.49m	2681.360m	Cóncava	33.735
6+286.36m	2670.465m	Cóncava	14.982
6+384.50m	2661.148m	Cóncava	35.219
6+470.00m	2652.233m	Cóncava	20.748
6+602.43m	2641.109m	Cóncava	35.466
6+669.15m	2634.523m	Cóncava	26.134
6+749.23m	2627.777m	Cóncava	14.144
6+788.58m	2624.733m	Cóncava	14.696
7+074.87m	2598.296m	Cóncava	14.776
7+189.61m	2582.367m	Cóncava	13.609
7+302.00m	2569.145m	Cóncava	16.767
7+356.73m	2564.228m	Cóncava	38.052
7+457.06m	2556.000m	Cóncava	18.661
7+544.92m	2549.456m	Cóncava	15.327
7+597.34m	2545.101m	Cóncava	17.913
7+674.00m	2537.000m	Cóncava	21.254
7+789.52m	2522.648m	Cóncava	24.444
7+870.27m	2515.007m	Cóncava	30.837
8+059.03m	2503.703m	Cóncava	24.957
8+206.57m	2498.784m	Cóncava	28.389
8+370.74m	2499.676m	Cóncava	21.438
8+432.94m	2499.880m	Cóncava	31.997
8+812.83m	2495.718m	Cóncava	31.002
8+966.06m	2490.437m	Cóncava	28.194
9+260.00m	2476.900m	Cóncava	27.87

En la **Tabla N°87** se observan las longitudes de curva cóncava calculadas, siguiendo los lineamientos de Vialidad-2010, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 88**  
*Longitud de curva convexa Vialidad-2010*

Vialidad-2010			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+186.45m	3105.314m	Convexa	15.275
0+225.88m	3102.072m	Convexa	23.881
0+270.00m	3099.960m	Convexa	15.874

0+334.41m	3096.241m	Convexa	16.379
0+374.59m	3094.213m	Convexa	24.563
0+490.03m	3085.994m	Convexa	33.149
0+574.37m	3079.145m	Convexa	15.146
0+677.42m	3069.329m	Convexa	32.687
0+754.12m	3064.865m	Convexa	18.962
0+795.00m	3061.293m	Convexa	11.754
0+798.30m	3061.000m	Convexa	32.576
0+813.87m	3059.695m	Convexa	16.245
0+854.60m	3056.168m	Convexa	24.093
0+926.47m	3049.969m	Convexa	17.475
0+962.60m	3047.028m	Convexa	13.829
1+081.63m	3039.589m	Convexa	14.515
1+122.45m	3036.719m	Convexa	32.451
1+173.72m	3033.543m	Convexa	24.873
1+205.95m	3031.321m	Convexa	13.246
1+265.00m	3027.509m	Convexa	22.183
1+281.83m	3026.141m	Convexa	22.643
1+347.92m	3021.532m	Convexa	15.312
1+488.44m	3009.068m	Convexa	16.209
1+568.16m	3002.803m	Convexa	24.579
1+686.03m	2993.608m	Convexa	14.621
1+724.09m	2991.417m	Convexa	25.963
1+835.27m	2986.655m	Convexa	18.482
1+885.38m	2984.240m	Convexa	11.754
1+940.50m	2980.380m	Convexa	20.997
1+960.00m	2978.888m	Convexa	23.185
1+994.52m	2976.846m	Convexa	14.503
2+100.00m	2969.337m	Convexa	20.754
2+127.27m	2967.725m	Convexa	38.716
2+253.85m	2957.070m	Convexa	22.871
2+327.54m	2951.548m	Convexa	30.346
2+433.51m	2943.914m	Convexa	38.024
2+488.33m	2940.000m	Convexa	26.175
2+532.23m	2937.092m	Convexa	16.972
2+580.70m	2934.213m	Convexa	30.628
2+624.21m	2932.414m	Convexa	11.927
2+704.57m	2928.457m	Convexa	35.119
2+757.14m	2925.679m	Convexa	22.245
2+855.00m	2919.401m	Convexa	15.499
3+038.84m	2907.772m	Convexa	25.832
3+141.34m	2901.008m	Convexa	18.743
3+249.06m	2892.803m	Convexa	31.537
3+345.37m	2887.451m	Convexa	19.467
3+475.00m	2874.159m	Convexa	30.862

3+504.08m	2871.353m	Convexa	24.184
3+533.17m	2868.904m	Convexa	27.559
3+556.38m	2867.637m	Convexa	26.173
3+621.46m	2868.284m	Convexa	39.275
3+801.86m	2858.233m	Convexa	12.452
3+833.48m	2854.594m	Convexa	28.614
3+879.38m	2850.630m	Convexa	28.983
3+974.57m	2842.263m	Convexa	13.857
3+996.13m	2840.000m	Convexa	21.576
4+041.34m	2836.802m	Convexa	27.341
4+083.54m	2834.709m	Convexa	12.497
4+121.79m	2833.051m	Convexa	39.219
4+168.66m	2830.000m	Convexa	22.468
4+193.39m	2828.115m	Convexa	27.739
4+270.00m	2822.590m	Convexa	22.468
4+340.00m	2817.756m	Convexa	38.672
4+351.94m	2817.032m	Convexa	14.927
4+384.22m	2815.517m	Convexa	23.681
4+415.86m	2813.739m	Convexa	31.597
4+480.00m	2808.766m	Convexa	20.175
4+568.96m	2801.116m	Convexa	17.374
4+653.56m	2794.110m	Convexa	29.429
4+668.87m	2793.099m	Convexa	20.763
4+688.51m	2792.069m	Convexa	16.468
4+771.57m	2785.758m	Convexa	33.126
4+869.84m	2778.319m	Convexa	20.384
4+980.00m	2769.003m	Convexa	13.792
5+022.33m	2764.982m	Convexa	28.624
5+077.50m	2761.096m	Convexa	12.849
5+116.73m	2758.634m	Convexa	15.929
5+139.20m	2756.856m	Convexa	19.296
5+196.64m	2753.280m	Convexa	12.861
5+332.41m	2741.305m	Convexa	35.189
5+661.59m	2718.507m	Convexa	20.429
5+677.38m	2717.300m	Convexa	21.249
5+688.78m	2716.469m	Convexa	18.971
5+792.63m	2707.598m	Convexa	14.682
5+933.38m	2697.267m	Convexa	29.849
6+025.69m	2690.210m	Convexa	15.923
6+150.49m	2681.360m	Convexa	13.857
6+286.36m	2670.465m	Convexa	14.892
6+384.50m	2661.148m	Convexa	19.538
6+470.00m	2652.233m	Convexa	11.772
6+602.43m	2641.109m	Convexa	23.826
6+669.15m	2634.523m	Convexa	35.291



6+749.23m	2627.777m	Convexa	25.479
6+788.58m	2624.733m	Convexa	26.153
7+074.87m	2598.296m	Convexa	22.671
7+189.61m	2582.367m	Convexa	16.729
7+302.00m	2569.145m	Convexa	11.795
7+356.73m	2564.228m	Convexa	23.771
7+457.06m	2556.000m	Convexa	14.923
7+544.92m	2549.456m	Convexa	11.929
7+597.34m	2545.101m	Convexa	14.739
7+674.00m	2537.000m	Convexa	21.628
7+789.52m	2522.648m	Convexa	13.846
7+870.27m	2515.007m	Convexa	30.196
8+059.03m	2503.703m	Convexa	33.227
8+206.57m	2498.784m	Convexa	39.714
8+370.74m	2499.676m	Convexa	16.142
8+432.94m	2499.880m	Convexa	16.736
8+812.83m	2495.718m	Convexa	23.481
8+966.06m	2490.437m	Convexa	19.471
9+260.00m	2476.900m	Convexa	29.792

En la **Tabla N°88** se observan las longitudes de curva cóncava calculadas, siguiendo los lineamientos del Vialidad-2010, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 89**  
*Longitud de curva convexa MTC-1997*

Progresiva	Elevación	MTC-1997	
		Tipo de curva	Longitud de Curva
0+061.02m	3111.709m	Convexa	10.245
0+125.00m	3110.593m	Convexa	15.783
0+145.05m	3109.000m	Convexa	17.482
0+305.00m	3098.392m	Convexa	20.327
0+398.85m	3093.398m	Convexa	18.641
0+427.69m	3091.681m	Convexa	20.239
0+473.13m	3087.496m	Convexa	10.963
0+515.76m	3084.498m	Convexa	30.841
0+550.00m	3081.937m	Convexa	10.756
0+592.05m	3077.656m	Convexa	16.982
0+628.92m	3073.887m	Convexa	12.927

0+654.62m	3070.728m	Convexa	15.117
0+691.44m	3069.048m	Convexa	27.695
0+715.42m	3068.311m	Convexa	38.125
0+727.11m	3067.707m	Convexa	20.937
0+772.35m	3063.348m	Convexa	14.392
0+831.35m	3058.317m	Convexa	17.619
0+842.04m	3057.369m	Convexa	22.765
0+872.73m	3054.737m	Convexa	12.683
0+888.20m	3053.114m	Convexa	22.198
0+916.83m	3050.730m	Convexa	22.791
0+942.11m	3048.806m	Convexa	18.632
1+012.77m	3044.887m	Convexa	16.271
1+030.11m	3044.000m	Convexa	14.519
1+142.35m	3036.133m	Convexa	15.962
1+241.62m	3029.447m	Convexa	17.194
1+311.46m	3025.039m	Convexa	31.981
1+325.86m	3024.272m	Convexa	20.729
1+396.07m	3016.573m	Convexa	39.281
1+435.00m	3013.423m	Convexa	24.736
1+508.99m	3007.785m	Convexa	23.962
1+522.33m	3006.890m	Convexa	18.725
1+642.46m	2997.573m	Convexa	13.821
1+787.41m	2989.397m	Convexa	20.117
1+809.76m	2988.515m	Convexa	13.728
1+861.73m	2985.611m	Convexa	19.783
1+904.41m	2983.227m	Convexa	21.472
2+055.69m	2973.000m	Convexa	17.981
2+168.22m	2965.607m	Convexa	13.619
2+293.18m	2954.590m	Convexa	12.743
2+314.66m	2952.720m	Convexa	23.271
2+370.00m	2948.704m	Convexa	11.872
2+407.38m	2946.455m	Convexa	15.619
2+555.64m	2935.730m	Convexa	18.237
2+671.81m	2931.112m	Convexa	27.128
2+768.97m	2925.139m	Convexa	16.927
2+796.96m	2923.753m	Convexa	19.427
2+824.25m	2922.009m	Convexa	16.982
2+882.77m	2918.107m	Convexa	29.124
2+948.58m	2913.017m	Convexa	28.743
2+967.86m	2911.844m	Convexa	28.237
3+002.75m	2910.000m	Convexa	23.481
3+080.00m	2905.506m	Convexa	17.641
3+171.37m	2899.842m	Convexa	12.289
3+205.00m	2897.701m	Convexa	30.178
3+275.00m	2892.303m	Convexa	10.927

3+308.15m	2891.000m	Convexa	20.275
3+369.15m	2886.026m	Convexa	25.629
3+390.83m	2883.727m	Convexa	28.472
3+426.34m	2879.844m	Convexa	29.827
3+452.08m	2876.931m	Convexa	19.827
3+578.09m	2866.698m	Convexa	17.481
3+645.98m	2870.190m	Convexa	14.629
3+673.51m	2870.769m	Convexa	20.765
3+689.48m	2870.123m	Convexa	16.218
3+717.90m	2867.911m	Convexa	12.837
3+738.19m	2866.812m	Convexa	17.827
3+754.29m	2864.755m	Convexa	18.472
3+778.15m	2861.705m	Convexa	19.273
3+859.03m	2852.477m	Convexa	22.271
3+898.13m	2849.553m	Convexa	21.178
3+928.14m	2846.887m	Convexa	17.482
3+952.38m	2845.115m	Convexa	27.471
4+018.83m	2838.661m	Convexa	16.392
4+060.00m	2836.127m	Convexa	29.178
4+104.45m	2833.865m	Convexa	16.927
4+140.89m	2832.561m	Convexa	26.271
4+150.33m	2832.000m	Convexa	14.281
4+232.49m	2825.470m	Convexa	19.472
4+305.00m	2820.318m	Convexa	15.287
4+367.51m	2816.398m	Convexa	23.128
4+402.41m	2814.663m	Convexa	29.124
4+435.00m	2812.718m	Convexa	29.827
4+444.41m	2812.118m	Convexa	12.982
4+532.61m	2804.375m	Convexa	30.127
4+550.32m	2802.893m	Convexa	29.837
4+594.64m	2799.435m	Convexa	18.392
4+629.03m	2796.089m	Convexa	39.128
4+704.00m	2791.434m	Convexa	18.273
4+793.15m	2784.836m	Convexa	12.472
4+828.42m	2781.202m	Convexa	21.278
4+844.67m	2780.364m	Convexa	20.472
4+916.22m	2774.854m	Convexa	25.189
4+951.62m	2771.833m	Convexa	18.392
5+007.31m	2766.588m	Convexa	15.178
5+061.58m	2762.331m	Convexa	19.283
5+101.66m	2760.081m	Convexa	22.276
5+157.32m	2756.110m	Convexa	11.927
5+171.80m	2755.376m	Convexa	16.283
5+215.21m	2752.548m	Convexa	12.287
5+241.55m	2750.421m	Convexa	26.472

5+291.09m	2746.353m	Convexa	20.472
5+306.62m	2744.677m	Convexa	15.289
5+360.00m	2740.000m	Convexa	11.287
5+380.00m	2737.878m	Convexa	29.287
5+402.75m	2736.542m	Convexa	28.472
5+416.83m	2735.197m	Convexa	16.482
5+470.89m	2735.778m	Convexa	23.287
5+580.33m	2727.271m	Convexa	20.276
5+714.43m	2714.744m	Convexa	20.289
5+746.97m	2715.000m	Convexa	23.472
5+822.23m	2706.479m	Convexa	28.472
5+874.46m	2704.448m	Convexa	16.283
5+983.33m	2693.670m	Convexa	22.472
6+085.00m	2686.656m	Convexa	12.287
6+215.00m	2677.836m	Convexa	17.928
6+320.83m	2668.216m	Convexa	25.128
6+635.00m	2639.421m	Convexa	14.273
6+715.00m	2630.803m	Convexa	23.827
6+835.00m	2621.508m	Convexa	16.283
6+893.25m	2616.741m	Convexa	17.928
6+950.91m	2611.459m	Convexa	12.287
7+010.00m	2606.000m	Convexa	15.128
7+040.38m	2602.823m	Convexa	21.273
7+122.62m	2594.382m	Convexa	24.827
7+235.36m	2578.375m	Convexa	20.283
7+502.06m	2553.279m	Convexa	14.928
7+650.55m	2540.350m	Convexa	17.287
7+711.42m	2532.538m	Convexa	20.128
7+741.14m	2528.950m	Convexa	25.273
7+840.00m	2518.455m	Convexa	12.827
7+946.15m	2511.189m	Convexa	19.283
8+032.03m	2506.197m	Convexa	17.287
8+095.00m	2502.862m	Convexa	20.128
8+155.83m	2501.000m	Convexa	15.273
8+275.00m	2500.000m	Convexa	28.827
8+535.00m	2504.217m	Convexa	21.283
8+647.59m	2503.775m	Convexa	23.287
8+755.79m	2499.891m	Convexa	25.128
8+909.60m	2494.378m	Convexa	27.273
9+105.00m	2488.000m	Convexa	20.827
9+185.00m	2485.000m		19.283
Convexa			

---

En la **Tabla N°89** se observan las longitudes de curva cóncava calculadas, siguiendo los lineamientos del MTC-1997, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.

**Tabla 90***Longitud de curva cóncava MTC-1997*

MTC-1997			
Progresiva	Elevación	Tipo de curva	Longitud de Curva
0+061.02m	3111.709m	Cóncava	14.682
0+125.00m	3110.593m	Cóncava	22.179
0+145.05m	3109.000m	Cóncava	18.527
0+305.00m	3098.392m	Cóncava	23.847
0+398.85m	3093.398m	Cóncava	18.261
0+427.69m	3091.681m	Cóncava	24.765
0+473.13m	3087.496m	Cóncava	22.682
0+515.76m	3084.498m	Cóncava	16.793
0+550.00m	3081.937m	Cóncava	25.174
0+592.05m	3077.656m	Cóncava	14.482
0+628.92m	3073.887m	Cóncava	19.692
0+654.62m	3070.728m	Cóncava	13.895
0+691.44m	3069.048m	Cóncava	18.178
0+715.42m	3068.311m	Cóncava	23.927
0+727.11m	3067.707m	Cóncava	25.613
0+772.35m	3063.348m	Cóncava	16.729
0+831.35m	3058.317m	Cóncava	19.428
0+842.04m	3057.369m	Cóncava	21.356
0+872.73m	3054.737m	Cóncava	23.894
0+888.20m	3053.114m	Cóncava	15.972
0+916.83m	3050.730m	Cóncava	20.317
0+942.11m	3048.806m	Cóncava	22.411
1+012.77m	3044.887m	Cóncava	28.623
1+030.11m	3044.000m	Cóncava	13.842
1+142.35m	3036.133m	Cóncava	18.993
1+241.62m	3029.447m	Cóncava	12.716
1+311.46m	3025.039m	Cóncava	20.974
1+325.86m	3024.272m	Cóncava	17.513
1+396.07m	3016.573m	Cóncava	14.927
1+435.00m	3013.423m	Cóncava	22.497
1+508.99m	3007.785m	Cóncava	16.738
1+522.33m	3006.890m	Cóncava	25.317
1+642.46m	2997.573m	Cóncava	20.982
1+787.41m	2989.397m	Cóncava	27.123

1+809.76m	2988.515m	Cóncava	15.271
1+861.73m	2985.611m	Cóncava	18.613
1+904.41m	2983.227m	Cóncava	21.497
2+055.69m	2973.000m	Cóncava	17.931
2+168.22m	2965.607m	Cóncava	19.928
2+293.18m	2954.590m	Cóncava	16.482
2+314.66m	2952.720m	Cóncava	23.176
2+370.00m	2948.704m	Cóncava	18.284
2+407.38m	2946.455m	Cóncava	14.827
2+555.64m	2935.730m	Cóncava	29.174
2+671.81m	2931.112m	Cóncava	19.237
2+768.97m	2925.139m	Cóncava	21.627
2+796.96m	2923.753m	Cóncava	13.873
2+824.25m	2922.009m	Cóncava	17.935
2+882.77m	2918.107m	Cóncava	14.256
2+948.58m	2913.017m	Cóncava	27.327
2+967.86m	2911.844m	Cóncava	13.521
3+002.75m	2910.000m	Cóncava	23.179
3+080.00m	2905.506m	Cóncava	19.283
3+171.37m	2899.842m	Cóncava	24.173
3+205.00m	2897.701m	Cóncava	15.691
3+275.00m	2892.303m	Cóncava	22.736
3+308.15m	2891.000m	Cóncava	13.497
3+369.15m	2886.026m	Cóncava	24.138
3+390.83m	2883.727m	Cóncava	19.214
3+426.34m	2879.844m	Cóncava	14.983
3+452.08m	2876.931m	Cóncava	21.432
3+578.09m	2866.698m	Cóncava	22.516
3+645.98m	2870.190m	Cóncava	17.843
3+673.51m	2870.769m	Cóncava	20.972
3+689.48m	2870.123m	Cóncava	15.728
3+717.90m	2867.911m	Cóncava	18.624
3+738.19m	2866.812m	Cóncava	22.983
3+754.29m	2864.755m	Cóncava	14.215
3+778.15m	2861.705m	Cóncava	19.984
3+859.03m	2852.477m	Cóncava	13.672
3+898.13m	2849.553m	Cóncava	28.239
3+928.14m	2846.887m	Cóncava	17.731
3+952.38m	2845.115m	Cóncava	15.981
4+018.83m	2838.661m	Cóncava	27.432
4+060.00m	2836.127m	Cóncava	12.398
4+104.45m	2833.865m	Cóncava	21.243
4+140.89m	2832.561m	Cóncava	13.921
4+150.33m	2832.000m	Cóncava	15.372
4+232.49m	2825.470m	Cóncava	18.238

4+305.00m	2820.318m	Cóncava	12.497
4+367.51m	2816.398m	Cóncava	29.235
4+402.41m	2814.663m	Cóncava	23.178
4+435.00m	2812.718m	Cóncava	26.471
4+444.41m	2812.118m	Cóncava	15.839
4+532.61m	2804.375m	Cóncava	12.491
4+550.32m	2802.893m	Cóncava	14.928
4+594.64m	2799.435m	Cóncava	28.942
4+629.03m	2796.089m	Cóncava	13.749
4+704.00m	2791.434m	Cóncava	25.981
4+793.15m	2784.836m	Cóncava	12.183
4+828.42m	2781.202m	Cóncava	16.239
4+844.67m	2780.364m	Cóncava	24.173
4+916.22m	2774.854m	Cóncava	13.821
4+951.62m	2771.833m	Cóncava	27.491
5+007.31m	2766.588m	Cóncava	12.723
5+061.58m	2762.331m	Cóncava	16.283
5+101.66m	2760.081m	Cóncava	23.714
5+157.32m	2756.110m	Cóncava	17.924
5+171.80m	2755.376m	Cóncava	13.215
5+215.21m	2752.548m	Cóncava	20.283
5+241.55m	2750.421m	Cóncava	22.712
5+291.09m	2746.353m	Cóncava	18.927
5+306.62m	2744.677m	Cóncava	16.238
5+360.00m	2740.000m	Cóncava	13.992
5+380.00m	2737.878m	Cóncava	25.732
5+402.75m	2736.542m	Cóncava	18.239
5+416.83m	2735.197m	Cóncava	15.827
5+470.89m	2735.778m	Cóncava	21.431
5+580.33m	2727.271m	Cóncava	19.128
5+714.43m	2714.744m	Cóncava	13.982
5+746.97m	2715.000m	Cóncava	27.431
5+822.23m	2706.479m	Cóncava	16.928
5+874.46m	2704.448m	Cóncava	13.248
5+983.33m	2693.670m	Cóncava	23.741
6+085.00m	2686.656m	Cóncava	18.928
6+215.00m	2677.836m	Cóncava	13.498
6+320.83m	2668.216m	Cóncava	21.729
6+635.00m	2639.421m	Cóncava	14.312
6+715.00m	2630.803m	Cóncava	28.921
6+835.00m	2621.508m	Cóncava	17.398
6+893.25m	2616.741m	Cóncava	19.828
6+950.91m	2611.459m	Cóncava	14.927
7+010.00m	2606.000m	Cóncava	22.836
7+040.38m	2602.823m	Cóncava	15.924

7+122.62m	2594.382m	Cóncava	28.213
7+235.36m	2578.375m	Cóncava	12.921
7+502.06m	2553.279m	Cóncava	27.129
7+650.55m	2540.350m	Cóncava	16.832
7+711.42m	2532.538m	Cóncava	18.927
7+741.14m	2528.950m	Cóncava	13.721
7+840.00m	2518.455m	Cóncava	25.317
7+946.15m	2511.189m	Cóncava	13.289
8+032.03m	2506.197m	Cóncava	19.724
8+095.00m	2502.862m	Cóncava	16.293
8+155.83m	2501.000m	Cóncava	14.927
8+275.00m	2500.000m	Cóncava	22.312
8+535.00m	2504.217m	Cóncava	15.721
8+647.59m	2503.775m	Cóncava	13.984
8+755.79m	2499.891m	Cóncava	23.721
8+909.60m	2494.378m	Cóncava	19.827
9+105.00m	2488.000m	Cóncava	16.293
9+185.00m	2485.000m	Cóncava	12.927

---

En la **Tabla N°86** se observan las longitudes de curva cóncava calculadas, siguiendo los lineamientos del MTC-1997, empleando la velocidad de diseño de 40 km/h.



- Pendientes máximas y mínimas

**Tabla 91**

*Pendientes máximas y mínimas de la normatividad vial de los Países Andinos*

Pendiente DG-2018 0.5%<m<10%			INVIAS-2008 0.5%<m<7%		NEVI-2012 0.5%<m<10%		MCCH-2022/ABC-2008 0.5%<m<8%		DNV-2010 0.5%<m		MTC-VENEZUELA-1997 0.5%<m<12%	
Progresiva	Pendiente	Cumple/No cumple	Pendiente	Cumple/No cumple	Pendiente	Cumple/No cumple	Pendiente	Cumple/No cumple	Pendiente	Cumple/No cumple	Pendiente	Cumple/No cumple
0+061.02m	2.91%	Cumple	13.62%	No Cumple	13.98%	No Cumple	13.51%	No Cumple	7.22%	Limitado	13.40%	No Cumple
0+125.00m	6.20%	Cumple	0.92%	Cumple	2.25%	Cumple	1.25%	Cumple	8.25%	Limitado	2.06%	Cumple
0+145.05m	0.96%	Cumple	7.21%	No Cumple	4.94%	Cumple	5.64%	Cumple	1.03%	Limitado	3.09%	Cumple
0+186.45m	0.68%	Cumple	1.79%	Cumple	4.80%	Cumple	2.11%	Cumple	0.11%	No Cumple	4.12%	Cumple
0+225.88m	3.44%	Cumple	2.41%	Cumple	2.73%	Cumple	0.45%	No Cumple	11.34%	Limitado	10.31%	Cumple
0+270.00m	0.31%	No Cumple	0.43%	No Cumple	0.58%	Cumple	4.49%	Cumple	11.34%	Limitado	4.12%	Cumple
0+305.00m	2.83%	Cumple	3.08%	Cumple	4.13%	Cumple	4.06%	Cumple	4.12%	Limitado	7.22%	Cumple
0+334.41m	2.27%	Cumple	0.97%	Cumple	3.49%	Cumple	2.21%	Cumple	13.40%	Limitado	14.43%	No Cumple
0+374.59m	1.69%	Cumple	1.65%	Cumple	1.54%	Cumple	3.89%	Cumple	0.38%	No Cumple	8.25%	Cumple
0+398.85m	2.59%	Cumple	6.27%	Cumple	1.00%	Cumple	2.30%	Cumple	0.22%	No Cumple	4.12%	Cumple
0+427.69m	8.73%	Cumple	4.86%	Cumple	5.84%	Cumple	4.40%	Cumple	0.37%	No Cumple	3.09%	Cumple
0+445.63m	9.04%	Cumple	2.00%	Cumple	3.87%	Cumple	2.15%	Cumple	0.38%	No Cumple	4.12%	Cumple
0+473.13m	3.25%	Cumple	0.34%	No Cumple	1.75%	Cumple	9.85%	No Cumple	0.26%	No Cumple	13.40%	No Cumple
0+490.03m	3.07%	Cumple	0.58%	Cumple	2.20%	Cumple	2.32%	Cumple	15.46%	Limitado	1.03%	Cumple
0+515.76m	1.67%	Cumple	5.11%	Cumple	0.72%	Cumple	3.47%	Cumple	10.31%	Limitado	7.22%	Cumple
0+550.00m	3.98%	Cumple	4.11%	Cumple	6.06%	Cumple	0.75%	Cumple	13.40%	Limitado	12.37%	No Cumple
0+574.37m	3.03%	Cumple	0.51%	Cumple	5.74%	Cumple	0.91%	Cumple	2.06%	Limitado	1.03%	Cumple
0+592.05m	1.80%	Cumple	1.19%	Cumple	0.07%	No Cumple	4.98%	Cumple	6.19%	Limitado	13.40%	No Cumple
0+628.92m	2.07%	Cumple	4.07%	Cumple	0.81%	Cumple	4.39%	Cumple	9.28%	Limitado	15.46%	No Cumple
0+654.62m	0.74%	Cumple	0.67%	Cumple	3.88%	Cumple	2.09%	Cumple	6.19%	Limitado	13.40%	No Cumple
0+658.88m	8.49%	Cumple	2.76%	Cumple	3.52%	Cumple	0.67%	Cumple	15.46%	Limitado	5.15%	Cumple
0+677.42m	2.54%	Cumple	0.80%	Cumple	2.07%	Cumple	2.14%	Cumple	3.09%	Limitado	15.46%	No Cumple
0+691.44m	1.07%	Cumple	1.16%	Cumple	0.74%	Cumple	3.40%	Cumple	15.46%	Limitado	10.31%	Cumple

0+715.42m	2.08%	Cumple	0.92%	Cumple	1.01%	Cumple	4.02%	Cumple	12.37%	Limitado	10.31%	Cumple
0+727.11m	6.89%	Cumple	0.75%	Cumple	2.09%	Cumple	0.44%	No Cumple	9.28%	Limitado	13.40%	No Cumple
0+740.89m	3.12%	Cumple	0.20%	No Cumple	1.63%	Cumple	1.14%	Cumple	9.28%	Limitado	10.31%	Cumple
0+754.12m	0.61%	Cumple	0.04%	No Cumple	0.70%	Cumple	3.95%	Cumple	8.25%	Limitado	7.22%	Cumple
0+772.35m	0.75%	Cumple	0.92%	Cumple	3.34%	Cumple	0.31%	No Cumple	11.34%	Limitado	1.03%	Cumple
0+795.00m	0.20%	No Cumple	2.51%	Cumple	1.21%	Cumple	0.70%	Cumple	5.15%	Limitado	2.06%	Cumple
0+798.30m	0.49%	No Cumple	2.18%	Cumple	1.79%	Cumple	1.50%	Cumple	6.19%	Limitado	1.03%	Cumple
0+813.87m	0.49%	No Cumple	0.09%	No Cumple	0.08%	No Cumple	0.28%	No Cumple	15.46%	Limitado	10.31%	Cumple
0+831.35m	0.97%	Cumple	14.37%	No Cumple	0.72%	Cumple	0.17%	No Cumple	7.22%	Limitado	5.15%	Cumple
0+842.04m	0.70%	Cumple	14.85%	No Cumple	1.23%	Cumple	0.41%	No Cumple	4.12%	Limitado	13.40%	No Cumple
0+854.60m	1.66%	Cumple	2.99%	Cumple	0.22%	No Cumple	0.73%	Cumple	10.31%	Limitado	1.03%	Cumple
0+872.73m	2.59%	Cumple	3.94%	Cumple	2.19%	Cumple	0.46%	No Cumple	0.26%	No Cumple	3.09%	Cumple
0+888.20m	0.55%	Cumple	1.57%	Cumple	1.43%	Cumple	0.62%	Cumple	0.47%	No Cumple	8.25%	Cumple
0+897.19m	3.94%	Cumple	6.98%	Cumple	2.71%	Cumple	1.73%	Cumple	0.32%	No Cumple	8.25%	Cumple
0+916.83m	0.81%	Cumple	8.29%	No Cumple	0.20%	No Cumple	0.09%	No Cumple	5.15%	Limitado	4.12%	Cumple
0+926.47m	0.47%	No Cumple	2.27%	Cumple	1.04%	Cumple	1.69%	Cumple	2.06%	Limitado	5.15%	Cumple
0+942.11m	1.25%	Cumple	0.08%	No Cumple	3.82%	Cumple	0.56%	Cumple	3.09%	Limitado	15.46%	No Cumple
0+962.60m	3.36%	Cumple	4.42%	Cumple	1.43%	Cumple	0.43%	No Cumple	3.09%	Limitado	6.19%	Cumple
0+976.67m	1.47%	Cumple	5.76%	Cumple	3.83%	Cumple	0.23%	No Cumple	5.15%	Limitado	13.40%	No Cumple
1+012.77m	1.27%	Cumple	2.47%	Cumple	3.36%	Cumple	0.78%	Cumple	8.25%	Limitado	7.22%	Cumple
1+030.11m	7.20%	Cumple	6.78%	Cumple	9.18%	Cumple	0.64%	Cumple	8.25%	Limitado	9.28%	Cumple
1+043.57m	5.09%	Cumple	5.60%	Cumple	11.08%	No Cumple	4.15%	Cumple	0.45%	No Cumple	13.40%	No Cumple
1+081.63m	0.20%	No Cumple	9.26%	No Cumple	0.14%	No Cumple	5.06%	Cumple	0.38%	No Cumple	2.06%	Cumple
1+122.45m	4.09%	Cumple	8.98%	No Cumple	3.08%	Cumple	8.71%	No Cumple	0.50%	No Cumple	10.31%	Cumple
1+142.35m	5.31%	Cumple	1.87%	Cumple	5.04%	Cumple	5.89%	Cumple	0.39%	No Cumple	15.46%	No Cumple
1+173.72m	1.36%	Cumple	6.69%	Cumple	4.89%	Cumple	10.61%	No Cumple	0.38%	No Cumple	4.12%	Cumple
1+205.95m	1.64%	Cumple	3.95%	Cumple	2.50%	Cumple	5.13%	Cumple	0.32%	No Cumple	1.03%	Cumple
1+241.62m	3.04%	Cumple	2.31%	Cumple	3.46%	Cumple	0.91%	Cumple	4.12%	Limitado	15.46%	No Cumple
1+265.00m	0.15%	No Cumple	2.04%	Cumple	4.64%	Cumple	5.82%	Cumple	3.09%	Limitado	13.40%	No Cumple
1+281.83m	4.42%	Cumple	6.26%	Cumple	6.50%	Cumple	1.77%	Cumple	2.06%	Limitado	3.09%	Cumple

1+311.46m	1.61%	Cumple	4.76%	Cumple	4.17%	Cumple	3.08%	Cumple	7.22%	Limitado	14.43%	No Cumple
1+325.86m	7.10%	Cumple	2.66%	Cumple	8.37%	Cumple	0.26%	No Cumple	2.06%	Limitado	4.12%	Cumple
1+347.92m	2.12%	Cumple	1.15%	Cumple	6.73%	Cumple	3.76%	Cumple	14.43%	Limitado	3.09%	Cumple
1+396.07m	2.18%	Cumple	1.87%	Cumple	1.99%	Cumple	1.70%	Cumple	8.25%	Limitado	10.31%	Cumple
1+415.09m	8.58%	Cumple	1.43%	Cumple	5.44%	Cumple	0.87%	Cumple	12.37%	Limitado	3.09%	Cumple
1+435.00m	4.25%	Cumple	0.73%	Cumple	5.68%	Cumple	1.56%	Cumple	10.31%	Limitado	1.03%	Cumple
1+488.44m	1.91%	Cumple	3.43%	Cumple	3.28%	Cumple	0.47%	No Cumple	0.23%	No Cumple	10.31%	Cumple
1+508.99m	0.47%	No Cumple	1.95%	Cumple	5.56%	Cumple	0.67%	Cumple	0.42%	No Cumple	15.46%	No Cumple
1+522.33m	0.93%	Cumple	0.73%	Cumple	5.67%	Cumple	0.09%	No Cumple	0.30%	No Cumple	8.25%	Cumple
1+542.38m	3.61%	Cumple	0.18%	No Cumple	0.61%	Cumple	1.64%	Cumple	0.46%	No Cumple	6.19%	Cumple
1+551.25m	8.95%	Cumple	1.24%	Cumple	0.99%	Cumple	2.23%	Cumple	0.29%	No Cumple	12.37%	No Cumple
1+568.16m	3.95%	Cumple	1.71%	Cumple	1.65%	Cumple	0.28%	No Cumple	0.35%	No Cumple	2.06%	Cumple
1+581.22m	2.43%	Cumple	0.91%	Cumple	0.67%	Cumple	0.79%	Cumple	13.40%	Limitado	15.46%	No Cumple
1+642.46m	2.49%	Cumple	1.08%	Cumple	3.10%	Cumple	1.66%	Cumple	9.28%	Limitado	2.06%	Cumple
1+686.03m	3.34%	Cumple	0.56%	Cumple	2.74%	Cumple	0.70%	Cumple	10.31%	Limitado	4.12%	Cumple
1+724.09m	1.93%	Cumple	0.71%	Cumple	1.72%	Cumple	0.30%	No Cumple	15.46%	Limitado	4.12%	Cumple
1+780.48m	5.79%	Cumple	0.87%	Cumple	0.08%	No Cumple	1.04%	Cumple	1.03%	Limitado	11.34%	Cumple
1+787.41m	5.91%	Cumple	0.71%	Cumple	1.01%	Cumple	2.41%	Cumple	5.15%	Limitado	15.46%	No Cumple
1+809.76m	5.06%	Cumple	5.35%	Cumple	0.46%	No Cumple	0.58%	Cumple	10.31%	Limitado	9.28%	Cumple
1+824.77m	4.16%	Cumple	12.82%	No Cumple	0.40%	No Cumple	1.71%	Cumple	0.35%	No Cumple	14.43%	No Cumple
1+835.27m	0.90%	Cumple	8.28%	No Cumple	0.19%	No Cumple	1.38%	Cumple	0.29%	No Cumple	11.34%	Cumple
1+861.73m	1.85%	Cumple	0.41%	No Cumple	0.96%	Cumple	3.68%	Cumple	0.29%	No Cumple	10.31%	Cumple
1+885.38m	0.47%	No Cumple	2.78%	Cumple	1.54%	Cumple	4.38%	Cumple	3.09%	Limitado	13.40%	No Cumple
1+904.41m	2.57%	Cumple	4.16%	Cumple	3.03%	Cumple	0.60%	Cumple	9.28%	Limitado	2.06%	Cumple
1+940.50m	0.24%	No Cumple	0.41%	No Cumple	0.20%	No Cumple	11.41%	No Cumple	11.34%	Limitado	11.34%	Cumple
1+960.00m	4.63%	Cumple	1.88%	Cumple	0.16%	No Cumple	11.29%	No Cumple	0.46%	No Cumple	11.34%	Cumple
1+973.93m	4.85%	Cumple	0.29%	No Cumple	2.38%	Cumple	1.70%	Cumple	0.31%	No Cumple	10.31%	Cumple
1+994.52m	4.74%	Cumple	0.50%	Cumple	3.42%	Cumple	2.48%	Cumple	0.41%	No Cumple	7.22%	Cumple
2+010.00m	4.23%	Cumple	6.05%	Cumple	0.48%	No Cumple	0.54%	Cumple	0.45%	No Cumple	11.34%	Cumple
2+055.69m	0.91%	Cumple	3.77%	Cumple	1.94%	Cumple	3.01%	Cumple	8.25%	Limitado	11.34%	Cumple

2+100.00m	2.36%	Cumple	1.46%	Cumple	2.18%	Cumple	3.21%	Cumple	5.15%	Limitado	12.37%	No Cumple
2+127.27m	0.74%	Cumple	1.78%	Cumple	0.06%	No Cumple	1.83%	Cumple	15.46%	Limitado	6.19%	Cumple
2+168.22m	10.41%	No Cumple	0.90%	Cumple	1.23%	Cumple	3.00%	Cumple	14.43%	Limitado	6.19%	Cumple
2+201.26m	9.14%	Cumple	2.15%	Cumple	3.52%	Cumple	3.80%	Cumple	5.15%	Limitado	6.19%	Cumple
2+253.85m	0.14%	No Cumple	1.16%	Cumple	3.47%	Cumple	3.73%	Cumple	0.45%	No Cumple	13.40%	No Cumple
2+293.18m	2.40%	Cumple	1.87%	Cumple	0.23%	No Cumple	4.62%	Cumple	0.34%	No Cumple	8.25%	Cumple
2+314.66m	0.39%	No Cumple	16.60%	No Cumple	1.80%	Cumple	4.45%	Cumple	0.32%	No Cumple	11.34%	Cumple
2+327.54m	3.71%	Cumple	15.47%	No Cumple	0.86%	Cumple	4.50%	Cumple	3.09%	Limitado	8.25%	Cumple
2+347.02m	9.22%	Cumple	1.10%	Cumple	0.99%	Cumple	6.07%	Cumple	14.43%	Limitado	7.22%	Cumple
2+355.00m	10.41%	No Cumple	6.92%	Cumple	0.61%	Cumple	4.72%	Cumple	6.19%	Limitado	14.43%	No Cumple
2+370.00m	1.82%	Cumple	5.49%	Cumple	4.87%	Cumple	4.04%	Cumple	7.22%	Limitado	14.43%	No Cumple
2+407.38m	3.71%	Cumple	1.49%	Cumple	2.80%	Cumple	8.57%	No Cumple	2.06%	Limitado	11.34%	Cumple
2+433.51m	2.59%	Cumple	0.33%	No Cumple	1.97%	Cumple	6.95%	Cumple	0.35%	No Cumple	13.40%	No Cumple
2+488.33m	0.51%	Cumple	3.28%	Cumple	1.86%	Cumple	6.79%	Cumple	0.49%	No Cumple	4.12%	Cumple
2+532.23m	0.81%	Cumple	7.91%	No Cumple	1.63%	Cumple	8.56%	No Cumple	0.33%	No Cumple	14.43%	No Cumple
2+555.64m	0.24%	No Cumple	2.96%	Cumple	2.33%	Cumple	12.37%	No Cumple	7.22%	Limitado	4.12%	Cumple
2+580.70m	1.92%	Cumple	0.96%	Cumple	1.93%	Cumple	13.40%	No Cumple	5.15%	Limitado	13.40%	No Cumple
2+624.21m	1.40%	Cumple	1.89%	Cumple	3.27%	Cumple	6.19%	Cumple	13.40%	Limitado	14.43%	No Cumple
2+671.81m	5.37%	Cumple	4.58%	Cumple	0.91%	Cumple	4.12%	Cumple	14.43%	Limitado	4.12%	Cumple
2+704.57m	2.82%	Cumple	5.50%	Cumple	0.67%	Cumple	3.09%	Cumple	0.39%	No Cumple	2.06%	Cumple
2+757.14m	0.72%	Cumple	7.81%	No Cumple	0.97%	Cumple	9.28%	No Cumple	0.38%	No Cumple	2.06%	Cumple
2+768.97m	0.39%	No Cumple	1.32%	Cumple	2.46%	Cumple	2.06%	Cumple	0.24%	No Cumple	14.43%	No Cumple
2+796.96m	1.44%	Cumple	2.50%	Cumple	5.15%	Cumple	12.37%	No Cumple	0.33%	No Cumple	10.31%	Cumple
2+824.25m	2.09%	Cumple	1.22%	Cumple	7.16%	Cumple	14.43%	No Cumple	4.12%	Limitado	11.34%	Cumple
2+855.00m	3.82%	Cumple	7.09%	No Cumple	15.61%	No Cumple	10.31%	No Cumple	15.46%	Limitado	5.15%	Cumple
2+882.77m	1.90%	Cumple	4.37%	Cumple	13.38%	No Cumple	13.40%	No Cumple	13.40%	Limitado	4.12%	Cumple
2+910.00m	15.18%	No Cumple	2.22%	Cumple	0.44%	No Cumple	1.03%	Cumple	3.09%	Limitado	3.09%	Cumple
2+917.56m	16.39%	No Cumple	6.26%	Cumple	7.22%	Cumple	11.34%	No Cumple	3.09%	Limitado	11.34%	Cumple
2+948.58m	0.73%	Cumple	4.41%	Cumple	7.17%	Cumple	12.37%	No Cumple	3.09%	Limitado	5.15%	Cumple
2+967.86m	3.27%	Cumple	9.58%	No Cumple	3.57%	Cumple	14.43%	No Cumple	0.35%	No Cumple	2.06%	Cumple

2+980.89m	6.49%	Cumple	10.18%	No Cumple	7.23%	Cumple	1.03%	Cumple	0.49%	No Cumple	7.22%	Cumple
3+002.75m	3.31%	Cumple	4.28%	Cumple	3.45%	Cumple	15.46%	No Cumple	9.28%	Limitado	3.09%	Cumple
3+038.84m	0.67%	Cumple	5.41%	Cumple	2.26%	Cumple	12.37%	No Cumple	12.37%	Limitado	13.40%	No Cumple
3+080.00m	7.03%	Cumple	2.03%	Cumple	0.13%	No Cumple	10.31%	No Cumple	7.22%	Limitado	2.06%	Cumple
3+103.26m	8.38%	Cumple	4.63%	Cumple	6.15%	Cumple	6.19%	Cumple	3.09%	Limitado	1.03%	Cumple
3+141.34m	0.27%	No Cumple	4.07%	Cumple	1.50%	Cumple	2.06%	Cumple	8.25%	Limitado	10.31%	Cumple
3+171.37m	2.48%	Cumple	3.50%	Cumple	0.06%	No Cumple	5.15%	Cumple	14.43%	Limitado	14.43%	No Cumple
3+205.00m	7.69%	Cumple	5.69%	Cumple	0.45%	No Cumple	9.28%	No Cumple	9.28%	Limitado	15.46%	No Cumple
3+231.39m	7.31%	Cumple	6.89%	Cumple	2.45%	Cumple	11.34%	No Cumple	14.43%	Limitado	11.34%	Cumple
3+249.06m	4.81%	Cumple	3.36%	Cumple	4.88%	Cumple	7.22%	Cumple	0.37%	No Cumple	14.43%	No Cumple
3+275.00m	2.00%	Cumple	1.33%	Cumple	1.19%	Cumple	2.06%	Cumple	0.46%	No Cumple	10.31%	Cumple
3+308.15m	9.09%	Cumple	5.1546%	Cumple	1.99%	Cumple	9.28%	No Cumple	11.34%	Limitado	4.12%	Cumple
3+324.78m	6.30%	Cumple	8.25%	No Cumple	5.90%	Cumple	7.22%	Cumple	8.25%	Limitado	1.03%	Cumple
3+345.37m	0.72%	Cumple	3.09%	Cumple	2.51%	Cumple	7.22%	Cumple	13.40%	Limitado	9.28%	Cumple
3+369.15m	4.61%	Cumple	5.15%	Cumple	1.65%	Cumple	12.37%	No Cumple	5.15%	Limitado	7.22%	Cumple
3+390.83m	0.33%	No Cumple	10.31%	No Cumple	4.03%	Cumple	8.25%	No Cumple	13.40%	Limitado	1.03%	Cumple
3+426.34m	0.39%	No Cumple	10.31%	No Cumple	1.70%	Cumple	4.12%	Cumple	0.29%	No Cumple	7.22%	Cumple
3+452.08m	0.78%	Cumple	6.19%	Cumple	0.29%	No Cumple	11.34%	No Cumple	3.09%	Limitado	10.31%	Cumple
3+475.00m	2.45%	Cumple	8.25%	No Cumple	5.79%	Cumple	14.43%	No Cumple	6.19%	Limitado	7.22%	Cumple
3+504.08m	1.23%	Cumple	3.09%	Cumple	3.85%	Cumple	4.12%	Cumple	10.31%	Limitado	4.12%	Cumple
3+533.17m	2.96%	Cumple	1.03%	Cumple	4.23%	Cumple	3.09%	Cumple	15.46%	Limitado	8.25%	Cumple
3+556.38m	1.14%	Cumple	10.31%	No Cumple	0.87%	Cumple	9.28%	No Cumple	0.23%	No Cumple	5.15%	Cumple
3+578.09m	0.33%	No Cumple	8.25%	No Cumple	6.27%	Cumple	9.28%	No Cumple	0.23%	No Cumple	3.09%	Cumple
3+582.17m	5.70%	Cumple	11.34%	No Cumple	9.04%	Cumple	1.03%	Cumple	5.15%	Limitado	7.22%	Cumple
3+599.81m	6.31%	Cumple	7.22%	No Cumple	2.33%	Cumple	1.03%	Cumple	5.15%	Limitado	15.46%	No Cumple
3+621.46m	0.42%	No Cumple	11.34%	No Cumple	4.01%	Cumple	2.06%	Cumple	15.46%	Limitado	4.12%	Cumple
3+645.98m	5.67%	Cumple	6.19%	Cumple	5.34%	Cumple	10.31%	No Cumple	13.40%	Limitado	10.31%	Cumple
3+673.51m	6.15%	Cumple	8.25%	No Cumple	0.45%	No Cumple	5.15%	Cumple	11.34%	Limitado	8.25%	Cumple
3+689.48m	8.18%	Cumple	4.12%	Cumple	2.32%	Cumple	3.09%	Cumple	4.12%	Limitado	4.12%	Cumple
3+702.17m	8.03%	Cumple	10.31%	No Cumple	2.03%	Cumple	11.34%	No Cumple	14.43%	Limitado	13.40%	No Cumple

3+717.90m	1.22%	Cumple	12.37%	No Cumple	5.06%	Cumple	3.09%	Cumple	7.22%	Limitado	9.28%	Cumple
3+738.19m	7.36%	Cumple	11.34%	No Cumple	4.58%	Cumple	9.28%	No Cumple	8.25%	Limitado	13.40%	No Cumple
3+754.29m	0.00%	No Cumple	14.43%	No Cumple	4.95%	Cumple	9.28%	No Cumple	9.28%	Limitado	4.12%	Cumple
3+778.15m	1.87%	Cumple	2.06%	Cumple	9.13%	Cumple	8.25%	No Cumple	5.15%	Limitado	14.43%	No Cumple
3+801.86m	3.14%	Cumple	1.03%	Cumple	15.46%	No Cumple	4.12%	Cumple	0.34%	No Cumple	5.15%	Cumple
3+833.48m	3.23%	Cumple	7.22%	No Cumple	2.06%	Cumple	7.22%	Cumple	0.36%	No Cumple	14.43%	No Cumple
3+859.03m	0.79%	Cumple	7.22%	No Cumple	3.09%	Cumple	6.19%	Cumple	0.25%	No Cumple	14.43%	No Cumple
3+879.38m	3.33%	Cumple	4.12%	Cumple	11.34%	No Cumple	1.03%	Cumple	3.09%	Limitado	11.34%	Cumple
3+898.13m	8.68%	Cumple	7.22%	No Cumple	8.25%	Cumple	13.40%	No Cumple	13.40%	Limitado	7.22%	Cumple
3+910.84m	9.62%	Cumple	15.46%	No Cumple	5.15%	Cumple	13.40%	No Cumple	2.06%	Limitado	11.34%	Cumple
3+928.14m	2.50%	Cumple	9.28%	No Cumple	6.19%	Cumple	8.25%	No Cumple	11.34%	Limitado	6.19%	Cumple
3+952.38m	5.54%	Cumple	3.09%	Cumple	9.28%	Cumple	14.43%	No Cumple	0.47%	No Cumple	11.34%	Cumple
3+974.57m	2.35%	Cumple	14.43%	No Cumple	15.46%	No Cumple	10.31%	No Cumple	0.40%	No Cumple	5.15%	Cumple
3+996.13m	2.11%	Cumple	4.12%	Cumple	15.46%	No Cumple	14.43%	No Cumple	0.33%	No Cumple	7.22%	Cumple
4+005.67m	4.30%	Cumple	6.19%	Cumple	15.46%	No Cumple	5.15%	Cumple	10.31%	Limitado	15.46%	No Cumple
4+018.83m	4.16%	Cumple	13.40%	No Cumple	5.15%	Cumple	13.40%	No Cumple	8.25%	Limitado	12.37%	No Cumple
4+041.34m	4.64%	Cumple	5.15%	Cumple	7.22%	Cumple	12.37%	No Cumple	14.43%	Limitado	7.22%	Cumple
4+060.00m	2.41%	Cumple	7.22%	No Cumple	15.46%	No Cumple	14.43%	No Cumple	6.19%	Limitado	7.22%	Cumple
4+083.54m	1.99%	Cumple	3.09%	Cumple	13.40%	No Cumple	7.22%	Cumple	3.09%	Limitado	3.09%	Cumple
4+104.45m	0.66%	Cumple	14.43%	No Cumple	6.19%	Cumple	12.37%	No Cumple	0.38%	No Cumple	7.22%	Cumple
4+121.79m	2.13%	Cumple	5.15%	Cumple	12.37%	No Cumple	8.25%	No Cumple	0.46%	No Cumple	14.43%	No Cumple
4+140.89m	3.37%	Cumple	3.09%	Cumple	6.19%	Cumple	11.34%	No Cumple	0.41%	No Cumple	10.31%	Cumple
4+150.33m	4.98%	Cumple	9.28%	No Cumple	13.40%	No Cumple	8.25%	No Cumple	14.43%	Limitado	15.46%	No Cumple
4+168.66m	3.29%	Cumple	10.31%	No Cumple	8.25%	Cumple	1.03%	Cumple	3.09%	Limitado	5.15%	Cumple
4+193.39m	0.86%	Cumple	12.37%	No Cumple	1.03%	Cumple	14.43%	No Cumple	4.12%	Limitado	3.09%	Cumple
4+232.49m	0.91%	Cumple	7.22%	No Cumple	1.03%	Cumple	12.37%	No Cumple	15.46%	Limitado	11.34%	Cumple
4+270.00m	1.18%	Cumple	9.28%	No Cumple	4.12%	Cumple	9.28%	No Cumple	0.46%	No Cumple	11.34%	Cumple
4+305.00m	0.83%	Cumple	9.28%	No Cumple	7.22%	Cumple	4.12%	Cumple	0.25%	No Cumple	3.09%	Cumple
4+340.00m	1.25%	Cumple	4.12%	Cumple	10.31%	No Cumple	4.12%	Cumple	0.47%	No Cumple	1.03%	Cumple
4+351.94m	1.99%	Cumple	15.46%	No Cumple	14.43%	No Cumple	8.25%	No Cumple	3.09%	Limitado	3.09%	Cumple

4+367.51m	1.20%	Cumple	4.12%	Cumple	9.28%	Cumple	10.31%	No Cumple	7.22%	Limitado	15.46%	No Cumple
4+384.22m	0.57%	Cumple	11.34%	No Cumple	3.09%	Cumple	1.03%	Cumple	13.40%	Limitado	15.46%	No Cumple
4+402.41m	2.17%	Cumple	6.19%	Cumple	2.06%	Cumple	8.25%	No Cumple	2.06%	Limitado	9.28%	Cumple
4+415.86m	1.53%	Cumple	14.43%	No Cumple	2.06%	Cumple	9.28%	No Cumple	1.03%	Limitado	4.12%	Cumple
4+435.00m	1.05%	Cumple	6.19%	Cumple	6.19%	Cumple	1.03%	Cumple	1.03%	Limitado	2.06%	Cumple
4+444.41m	5.13%	Cumple	11.34%	No Cumple	12.37%	No Cumple	9.28%	No Cumple	7.22%	Limitado	3.09%	Cumple
4+461.33m	3.98%	Cumple	10.31%	No Cumple	8.25%	Cumple	5.15%	Cumple	3.09%	Limitado	15.46%	No Cumple
4+480.00m	4.92%	Cumple	2.06%	Cumple	10.31%	No Cumple	11.34%	No Cumple	10.31%	Limitado	3.09%	Cumple
4+495.64m	12.00%	No Cumple	12.37%	No Cumple	7.22%	Cumple	15.46%	No Cumple	0.23%	No Cumple	12.37%	No Cumple
4+507.59m	5.65%	Cumple	7.22%	No Cumple	14.43%	No Cumple	9.28%	No Cumple	0.48%	No Cumple	7.22%	Cumple
4+532.61m	0.57%	Cumple	15.46%	No Cumple	10.31%	No Cumple	1.03%	Cumple	4.12%	Limitado	10.31%	Cumple
4+542.86m	2.73%	Cumple	7.22%	No Cumple	7.22%	Cumple	4.12%	Cumple	14.43%	Limitado	6.19%	Cumple
4+550.32m	2.75%	Cumple	7.22%	No Cumple	5.15%	Cumple	4.12%	Cumple	11.34%	Limitado	13.40%	No Cumple
4+568.96m	2.99%	Cumple	12.37%	No Cumple	6.19%	Cumple	15.46%	No Cumple	6.19%	Limitado	1.03%	Cumple
4+594.64m	0.41%	No Cumple	6.19%	Cumple	8.25%	Cumple	13.40%	No Cumple	15.46%	Limitado	8.25%	Cumple
4+605.36m	9.06%	Cumple	10.31%	No Cumple	2.06%	Cumple	14.43%	No Cumple	1.03%	Limitado	15.46%	No Cumple
4+614.02m	1.74%	Cumple	13.40%	No Cumple	2.06%	Cumple	2.06%	Cumple	0.36%	No Cumple	12.37%	No Cumple
4+618.00m	8.40%	Cumple	7.22%	No Cumple	12.37%	No Cumple	1.03%	Cumple	0.32%	No Cumple	12.37%	No Cumple
4+629.03m	2.20%	Cumple	10.31%	No Cumple	6.19%	Cumple	12.37%	No Cumple	0.30%	No Cumple	10.31%	Cumple
4+653.56m	1.46%	Cumple	15.46%	No Cumple	5.15%	Cumple	14.43%	No Cumple	0.27%	No Cumple	4.12%	Cumple
4+668.87m	1.36%	Cumple	7.22%	No Cumple	3.09%	Cumple	4.12%	Cumple	2.06%	Limitado	9.28%	Cumple
4+688.51m	1.15%	Cumple	5.15%	Cumple	6.19%	Cumple	11.34%	No Cumple	7.22%	Limitado	5.15%	Cumple
4+704.00m	9.17%	Cumple	5.15%	Cumple	6.19%	Cumple	13.40%	No Cumple	14.43%	Limitado	7.22%	Cumple
4+715.00m	4.98%	Cumple	8.25%	No Cumple	2.06%	Cumple	4.12%	Cumple	6.19%	Limitado	7.22%	Cumple
4+723.74m	5.52%	Cumple	6.19%	Cumple	10.31%	No Cumple	1.03%	Cumple	8.25%	Limitado	4.12%	Cumple
4+736.16m	28.49%	No Cumple	5.15%	Cumple	12.37%	No Cumple	2.06%	Cumple	11.34%	Limitado	9.28%	Cumple
4+740.57m	25.56%	No Cumple	12.37%	No Cumple	6.19%	Cumple	11.34%	No Cumple	0.49%	No Cumple	5.15%	Cumple
4+771.57m	1.43%	Cumple	4.12%	Cumple	3.09%	Cumple	3.09%	Cumple	0.28%	No Cumple	4.12%	Cumple
4+793.15m	6.49%	Cumple	7.22%	No Cumple	10.31%	No Cumple	4.12%	Cumple	14.43%	Limitado	8.25%	Cumple
4+807.59m	11.41%	No Cumple	11.34%	No Cumple	1.03%	Cumple	15.46%	No Cumple	13.40%	Limitado	5.15%	Cumple

4+814.51m	18.24%	No Cumple	12.37%	No Cumple	14.43%	No Cumple	8.25%	No Cumple	13.40%	Limitado	9.28%	Cumple
4+828.42m	1.23%	Cumple	13.40%	No Cumple	15.46%	No Cumple	12.37%	No Cumple	0.43%	No Cumple	4.12%	Cumple
4+844.67m	2.96%	Cumple	8.25%	No Cumple	9.28%	Cumple	7.22%	Cumple	4.12%	Limitado	3.09%	Cumple
4+869.84m	0.65%	Cumple	8.25%	No Cumple	8.25%	Cumple	5.15%	Cumple	1.03%	Limitado	2.06%	Cumple
4+916.22m	1.06%	Cumple	7.22%	No Cumple	9.28%	Cumple	13.40%	No Cumple	5.15%	Limitado	10.31%	Cumple
4+951.62m	1.44%	Cumple	1.03%	Cumple	3.09%	Cumple	5.15%	Cumple	3.09%	Limitado	14.43%	No Cumple
4+980.00m	1.13%	Cumple	15.46%	No Cumple	9.28%	Cumple	11.34%	No Cumple	0.45%	No Cumple	12.37%	No Cumple
5+007.31m	1.84%	Cumple	3.09%	Cumple	11.34%	No Cumple	14.43%	No Cumple	0.35%	No Cumple	15.46%	No Cumple
5+022.33m	3.93%	Cumple	9.28%	No Cumple	15.46%	No Cumple	13.40%	No Cumple	0.22%	No Cumple	4.12%	Cumple
5+061.58m	1.01%	Cumple	4.12%	Cumple	5.15%	Cumple	14.43%	No Cumple	9.28%	Limitado	2.06%	Cumple
5+077.50m	3.56%	Cumple	13.40%	No Cumple	3.09%	Cumple	3.09%	Cumple	1.03%	Limitado	3.09%	Cumple
5+101.66m	5.41%	Cumple	6.19%	Cumple	15.46%	No Cumple	1.03%	Cumple	8.25%	Limitado	10.31%	Cumple
5+116.73m	1.70%	Cumple	15.46%	No Cumple	3.09%	Cumple	9.28%	No Cumple	14.43%	Limitado	12.37%	No Cumple
5+139.20m	3.79%	Cumple	9.28%	No Cumple	9.28%	Cumple	14.43%	No Cumple	11.34%	Limitado	15.46%	No Cumple
5+157.32m	0.95%	Cumple	7.22%	No Cumple	11.34%	No Cumple	3.09%	Cumple	6.19%	Limitado	2.06%	Cumple
5+171.80m	5.68%	Cumple	13.40%	No Cumple	6.19%	Cumple	11.34%	No Cumple	7.22%	Limitado	6.19%	Cumple
5+183.76m	4.47%	Cumple	13.40%	No Cumple	9.28%	Cumple	13.40%	No Cumple	0.50%	No Cumple	9.28%	Cumple
5+196.64m	2.34%	Cumple	14.43%	No Cumple	6.19%	Cumple	3.09%	Cumple	0.46%	No Cumple	7.22%	Cumple
5+215.21m	5.30%	Cumple	8.25%	No Cumple	3.09%	Cumple	10.31%	No Cumple	0.39%	No Cumple	9.28%	Cumple
5+232.19m	3.29%	Cumple	8.25%	No Cumple	15.46%	No Cumple	11.34%	No Cumple	6.19%	Limitado	12.37%	No Cumple
5+241.55m	1.38%	Cumple	4.12%	Cumple	3.09%	Cumple	10.31%	No Cumple	4.12%	Limitado	4.12%	Cumple
5+257.29m	4.11%	Cumple	10.31%	No Cumple	1.03%	Cumple	1.03%	Cumple	2.06%	Limitado	10.31%	Cumple
5+269.38m	13.67%	No Cumple	14.43%	No Cumple	4.12%	Cumple	4.12%	Cumple	0.22%	No Cumple	2.06%	Cumple
5+278.19m	8.85%	Cumple	6.19%	Cumple	3.09%	Cumple	8.25%	No Cumple	0.28%	No Cumple	8.25%	Cumple
5+291.09m	2.75%	Cumple	10.31%	No Cumple	14.43%	No Cumple	2.06%	Cumple	2.06%	Limitado	5.15%	Cumple
5+306.62m	5.36%	Cumple	11.34%	No Cumple	11.34%	No Cumple	10.31%	No Cumple	1.03%	Limitado	7.22%	Cumple
5+323.20m	8.61%	Cumple	1.03%	Cumple	10.31%	No Cumple	14.43%	No Cumple	4.12%	Limitado	5.15%	Cumple
5+332.41m	2.81%	Cumple	7.22%	No Cumple	8.25%	Cumple	1.03%	Cumple	12.37%	Limitado	10.31%	Cumple
5+360.00m	10.29%	No Cumple	3.09%	Cumple	4.12%	Cumple	3.09%	Cumple	14.43%	Limitado	1.03%	Cumple
5+372.39m	11.61%	No Cumple	3.09%	Cumple	8.25%	Cumple	15.46%	No Cumple	2.06%	Limitado	15.46%	No Cumple



5+380.00m	2.45%	Cumple	9.28%	No Cumple	2.06%	Cumple	1.03%	Cumple	8.25%	Limitado	10.31%	Cumple
5+402.75m	3.68%	Cumple	10.31%	No Cumple	14.43%	No Cumple	8.25%	No Cumple	3.09%	Limitado	11.34%	Cumple
5+416.83m	3.39%	Cumple	3.09%	Cumple	15.46%	No Cumple	13.40%	No Cumple	12.37%	Limitado	4.12%	Cumple
5+423.74m	9.04%	Cumple	10.31%	No Cumple	10.31%	No Cumple	4.12%	Cumple	14.43%	Limitado	10.31%	Cumple
5+441.01m	11.09%	No Cumple	10.31%	No Cumple	10.31%	No Cumple	13.40%	No Cumple	11.34%	Limitado	1.03%	Cumple
5+470.89m	6.12%	Cumple	12.37%	No Cumple	6.19%	Cumple	9.28%	No Cumple	12.37%	Limitado	8.25%	Cumple
5+491.59m	28.82%	No Cumple	3.09%	Cumple	5.15%	Cumple	7.22%	Cumple	11.34%	Limitado	9.28%	Cumple
5+517.23m	21.00%	No Cumple	9.28%	No Cumple	4.12%	Cumple	4.12%	Cumple	15.46%	Limitado	5.15%	Cumple
5+556.38m	11.05%	No Cumple	12.37%	No Cumple	4.12%	Cumple	8.25%	No Cumple	5.15%	Limitado	6.19%	Cumple
5+580.33m	8.83%	Cumple	2.06%	Cumple	10.31%	No Cumple	5.15%	Cumple	1.03%	Limitado	9.28%	Cumple
5+597.89m	11.18%	No Cumple	9.28%	No Cumple	3.09%	Cumple	11.34%	No Cumple	2.06%	Limitado	6.19%	Cumple
5+620.00m	12.61%	No Cumple	6.19%	Cumple	4.12%	Cumple	10.31%	No Cumple	5.15%	Limitado	8.25%	Cumple
5+635.00m	63.92%	No Cumple	1.03%	Cumple	9.28%	Cumple	4.12%	Cumple	11.34%	Limitado	15.46%	No Cumple
5+637.29m	56.77%	No Cumple	10.31%	No Cumple	4.12%	Cumple	2.06%	Cumple	0.50%	No Cumple	9.28%	Cumple
5+661.59m	2.61%	Cumple	14.43%	No Cumple	15.46%	No Cumple	3.09%	Cumple	0.46%	No Cumple	14.43%	No Cumple
5+677.38m	0.36%	No Cumple	4.12%	Cumple	8.25%	Cumple	5.15%	Cumple	11.34%	Limitado	6.19%	Cumple
5+688.78m	0.56%	Cumple	13.40%	No Cumple	6.19%	Cumple	6.19%	Cumple	6.19%	Limitado	4.12%	Cumple
5+714.43m	0.30%	No Cumple	6.19%	Cumple	8.25%	Cumple	10.31%	No Cumple	6.19%	Limitado	15.46%	No Cumple
5+725.00m	11.58%	No Cumple	1.03%	Cumple	14.43%	No Cumple	11.34%	No Cumple	0.37%	No Cumple	13.40%	No Cumple
5+746.97m	13.53%	No Cumple	13.40%	No Cumple	7.22%	Cumple	6.19%	Cumple	0.47%	No Cumple	13.40%	No Cumple
5+765.48m	36.76%	No Cumple	6.19%	Cumple	12.37%	No Cumple	1.03%	Cumple	8.25%	Limitado	5.15%	Cumple
5+775.37m	38.68%	No Cumple	1.03%	Cumple	1.03%	Cumple	10.31%	No Cumple	13.40%	Limitado	14.43%	No Cumple
5+792.63m	3.28%	Cumple	15.46%	No Cumple	3.09%	Cumple	9.28%	No Cumple	12.37%	Limitado	14.43%	No Cumple
5+822.23m	0.11%	No Cumple	4.12%	Cumple	12.37%	No Cumple	15.46%	No Cumple	9.28%	Limitado	5.15%	Cumple
5+874.46m	13.27%	No Cumple	11.34%	No Cumple	5.15%	Cumple	1.03%	Cumple	0.43%	No Cumple	15.46%	No Cumple
5+897.81m	8.23%	Cumple	7.22%	No Cumple	8.25%	Cumple	7.22%	Cumple	0.36%	No Cumple	10.31%	Cumple
5+933.38m	1.72%	Cumple	9.28%	No Cumple	7.22%	Cumple	15.46%	No Cumple	0.48%	No Cumple	4.12%	Cumple
5+983.33m	0.97%	Cumple	12.37%	No Cumple	7.22%	Cumple	8.25%	No Cumple	2.06%	Limitado	15.46%	No Cumple
6+025.69m	2.18%	Cumple	8.25%	No Cumple	7.22%	Cumple	12.37%	No Cumple	8.25%	Limitado	1.03%	Cumple
6+085.00m	2.10%	Cumple	5.15%	Cumple	5.15%	Cumple	12.37%	No Cumple	13.40%	Limitado	12.37%	No Cumple

6+150.49m	2.62%	Cumple	1.03%	Cumple	2.06%	Cumple	10.31%	No Cumple	5.15%	Limitado	3.09%	Cumple
6+215.00m	4.87%	Cumple	10.31%	No Cumple	6.19%	Cumple	9.28%	No Cumple	0.49%	No Cumple	2.06%	Cumple
6+286.36m	3.80%	Cumple	11.34%	No Cumple	15.46%	No Cumple	7.22%	Cumple	11.34%	Limitado	8.25%	Cumple
6+320.83m	4.58%	Cumple	12.37%	No Cumple	12.37%	No Cumple	12.37%	No Cumple	11.34%	Limitado	13.40%	No Cumple
6+384.50m	0.67%	Cumple	1.03%	Cumple	4.12%	Cumple	13.40%	No Cumple	12.37%	Limitado	6.19%	Cumple
6+470.00m	2.03%	Cumple	1.03%	Cumple	15.46%	No Cumple	8.25%	No Cumple	9.28%	Limitado	1.03%	Cumple
6+602.43m	3.22%	Cumple	9.28%	No Cumple	11.34%	No Cumple	13.40%	No Cumple	9.28%	Limitado	4.12%	Cumple
6+635.00m	9.16%	Cumple	5.15%	Cumple	4.12%	Cumple	1.03%	Cumple	0.43%	No Cumple	13.40%	No Cumple
6+669.15m	6.23%	Cumple	8.25%	No Cumple	10.31%	No Cumple	9.28%	No Cumple	0.46%	No Cumple	11.34%	Cumple
6+715.00m	0.73%	Cumple	11.34%	No Cumple	14.43%	No Cumple	2.06%	Cumple	0.49%	No Cumple	14.43%	No Cumple
6+749.23m	1.10%	Cumple	9.28%	No Cumple	8.25%	Cumple	13.40%	No Cumple	7.22%	Limitado	2.06%	Cumple
6+788.58m	0.79%	Cumple	14.43%	No Cumple	12.37%	No Cumple	5.15%	Cumple	11.34%	Limitado	4.12%	Cumple
6+835.00m	1.24%	Cumple	5.15%	Cumple	6.19%	Cumple	5.15%	Cumple	4.12%	Limitado	12.37%	No Cumple
6+893.25m	0.97%	Cumple	6.19%	Cumple	11.34%	No Cumple	11.34%	No Cumple	0.38%	No Cumple	11.34%	Cumple
6+950.91m	0.08%	No Cumple	15.46%	No Cumple	14.43%	No Cumple	8.25%	No Cumple	0.38%	No Cumple	6.19%	Cumple
7+010.00m	1.22%	Cumple	13.40%	No Cumple	2.06%	Cumple	11.34%	No Cumple	0.33%	No Cumple	15.46%	No Cumple
7+040.38m	2.67%	Cumple	3.09%	Cumple	8.25%	Cumple	13.40%	No Cumple	10.31%	Limitado	6.19%	Cumple
7+074.87m	4.93%	Cumple	5.15%	Cumple	7.22%	Cumple	1.03%	Cumple	12.37%	Limitado	4.12%	Cumple
7+122.62m	20.71%	No Cumple	3.09%	Cumple	8.25%	Cumple	13.40%	No Cumple	12.37%	Limitado	15.46%	No Cumple
7+147.30m	17.36%	No Cumple	6.19%	Cumple	9.28%	Cumple	13.40%	No Cumple	8.25%	Limitado	13.40%	No Cumple
7+189.61m	2.81%	Cumple	9.28%	No Cumple	15.46%	No Cumple	6.19%	Cumple	0.41%	No Cumple	3.09%	Cumple
7+235.36m	5.12%	Cumple	12.37%	No Cumple	8.25%	Cumple	11.34%	No Cumple	12.37%	Limitado	12.37%	No Cumple
7+302.00m	4.86%	Cumple	15.46%	No Cumple	8.25%	Cumple	11.34%	No Cumple	8.25%	Limitado	13.40%	No Cumple
7+356.73m	0.78%	Cumple	5.15%	Cumple	11.34%	No Cumple	4.12%	Cumple	4.12%	Limitado	15.46%	No Cumple
7+457.06m	2.15%	Cumple	7.22%	No Cumple	5.15%	Cumple	8.25%	No Cumple	0.44%	No Cumple	9.28%	Cumple
7+502.06m	2.87%	Cumple	8.25%	No Cumple	11.34%	No Cumple	15.46%	No Cumple	5.15%	Limitado	6.19%	Cumple
7+544.92m	6.52%	Cumple	4.12%	Cumple	4.12%	Cumple	1.03%	Cumple	1.03%	Limitado	7.22%	Cumple
7+576.43m	14.81%	No Cumple	11.34%	No Cumple	15.46%	No Cumple	2.06%	Cumple	15.46%	Limitado	10.31%	Cumple
7+597.34m	6.25%	Cumple	12.37%	No Cumple	1.03%	Cumple	9.28%	No Cumple	14.43%	Limitado	1.03%	Cumple
7+627.00m	4.58%	Cumple	2.06%	Cumple	15.46%	No Cumple	13.40%	No Cumple	11.34%	Limitado	13.40%	No Cumple

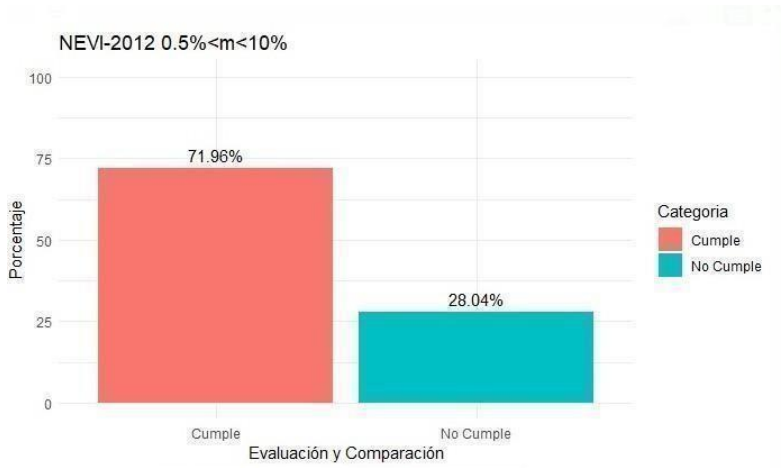
7+650.55m	7.91%	Cumple	2.06%	Cumple	1.03%	Cumple	10.31%	No Cumple	4.12%	Limitado	11.34%	Cumple
7+674.00m	2.36%	Cumple	12.37%	No Cumple	13.40%	No Cumple	12.37%	No Cumple	0.33%	No Cumple	3.09%	Cumple
7+711.42m	0.15%	No Cumple	6.19%	Cumple	4.12%	Cumple	8.25%	No Cumple	4.12%	Limitado	9.28%	Cumple
7+741.14m	0.95%	Cumple	4.12%	Cumple	8.25%	Cumple	3.09%	Cumple	5.15%	Limitado	8.25%	Cumple
7+789.52m	4.72%	Cumple	10.31%	No Cumple	2.06%	Cumple	3.09%	Cumple	1.03%	Limitado	14.43%	No Cumple
7+840.00m	3.09%	Cumple	9.28%	No Cumple	6.19%	Cumple	12.37%	No Cumple	2.06%	Limitado	7.22%	Cumple
7+870.27m	6.36%	Cumple	14.43%	No Cumple	2.06%	Cumple	2.06%	Cumple	0.27%	No Cumple	15.46%	No Cumple
7+946.15m	0.78%	Cumple	1.03%	Cumple	3.09%	Cumple	1.03%	Cumple	5.15%	Limitado	15.46%	No Cumple
8+032.03m	3.43%	Cumple	4.12%	Cumple	14.43%	No Cumple	5.15%	Cumple	15.46%	Limitado	12.37%	No Cumple
8+059.03m	6.90%	Cumple	6.19%	Cumple	11.34%	No Cumple	6.19%	Cumple	14.43%	Limitado	8.25%	Cumple
8+095.00m	0.72%	Cumple	11.34%	No Cumple	14.43%	No Cumple	12.37%	No Cumple	9.28%	Limitado	15.46%	No Cumple
8+155.83m	1.31%	Cumple	3.09%	Cumple	13.40%	No Cumple	7.22%	Cumple	5.15%	Limitado	4.12%	Cumple
8+206.57m	6.14%	Cumple	15.46%	No Cumple	12.37%	No Cumple	10.31%	No Cumple	9.28%	Limitado	15.46%	No Cumple
8+275.00m	2.12%	Cumple	12.37%	No Cumple	5.15%	Cumple	13.40%	No Cumple	2.06%	Limitado	9.28%	Cumple
8+370.74m	0.67%	Cumple	10.31%	No Cumple	14.43%	No Cumple	5.15%	Cumple	0.33%	No Cumple	11.34%	Cumple
8+432.94m	3.92%	Cumple	4.12%	Cumple	11.34%	No Cumple	3.09%	Cumple	0.38%	No Cumple	2.06%	Cumple
8+535.00m	4.64%	Cumple	1.03%	Cumple	9.28%	Cumple	8.25%	No Cumple	0.30%	No Cumple	12.37%	No Cumple
8+647.59m	11.26%	No Cumple	9.28%	No Cumple	1.03%	Cumple	7.22%	Cumple	13.40%	Limitado	6.19%	Cumple
8+680.00m	11.51%	No Cumple	8.25%	No Cumple	12.37%	No Cumple	7.22%	Cumple	10.31%	Limitado	12.37%	No Cumple
8+755.79m	7.17%	Cumple	13.40%	No Cumple	13.40%	No Cumple	9.28%	No Cumple	0.41%	No Cumple	1.03%	Cumple
8+812.83m	5.93%	Cumple	11.34%	No Cumple	15.46%	No Cumple	14.43%	No Cumple	4.12%	Limitado	12.37%	No Cumple
8+909.60m	5.60%	Cumple	10.31%	No Cumple	15.46%	No Cumple	14.43%	No Cumple	6.19%	Limitado	3.09%	Cumple
8+966.06m	5.23%	Cumple	4.12%	Cumple	13.40%	No Cumple	15.46%	No Cumple	0.39%	No Cumple	5.15%	Cumple
9+105.00m	2.00%	Cumple	3.09%	Cumple	1.03%	Cumple	14.43%	No Cumple	12.37%	Limitado	1.03%	Cumple
9+185.00m	10.78%	No Cumple	12.37%	No Cumple	14.43%	No Cumple	1.03%	Cumple	14.43%	Limitado	6.19%	Cumple
9+212.53m	5.90%	Cumple	15.46%	No Cumple	3.09%	Cumple	8.25%	No Cumple	6.19%	Limitado	15.46%	No Cumple
9+260.00m	8.10%	Cumple	9.28%	No Cumple	2.06%	Cumple	7.22%	Cumple	0.48%	No Cumple	1.03%	Cumple
9+297.79m	8.70%	Cumple	3.09%	Cumple	12.37%	No Cumple	13.40%	No Cumple	0.38%	No Cumple	12.37%	No Cumple

**Nota:** “m” es pendiente, “Limitado” está restringida solo en el extremo inferior.

En la **Tabla N°92** se observan las pendientes verticales calculadas, evaluadas y comparadas, siguiendo los lineamientos de las diferentes normas.

**Figura 48**

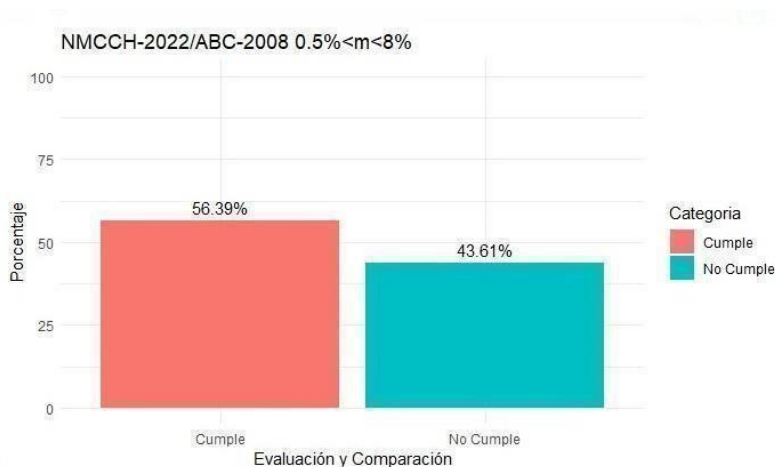
*Pendiente NEVI-2012*



En la **figura N°51** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la pendiente de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma NEVI-2012.

**Figura 49**

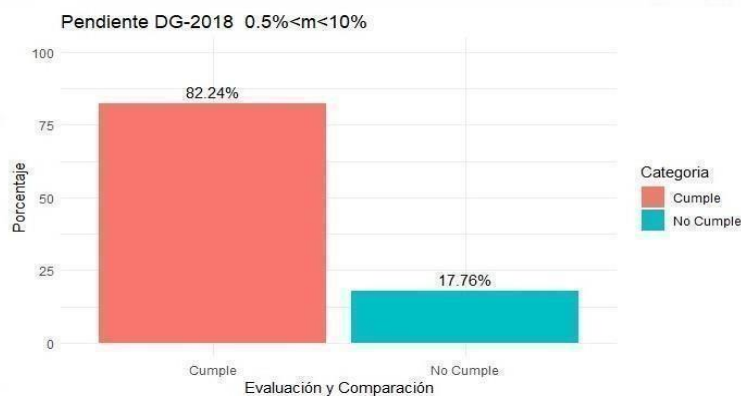
*Pendiente Chile-2022*



En la **figura N°49** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la pendiente de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma Chile-2022.

**Figura 50**

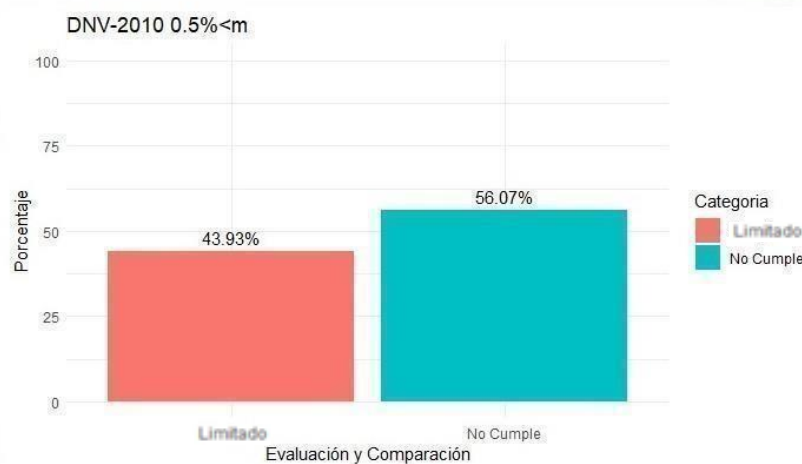
*Pendiente DG-2018*



En la **figura N°50** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la pendiente de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma DG-2018.

**Figura 51**

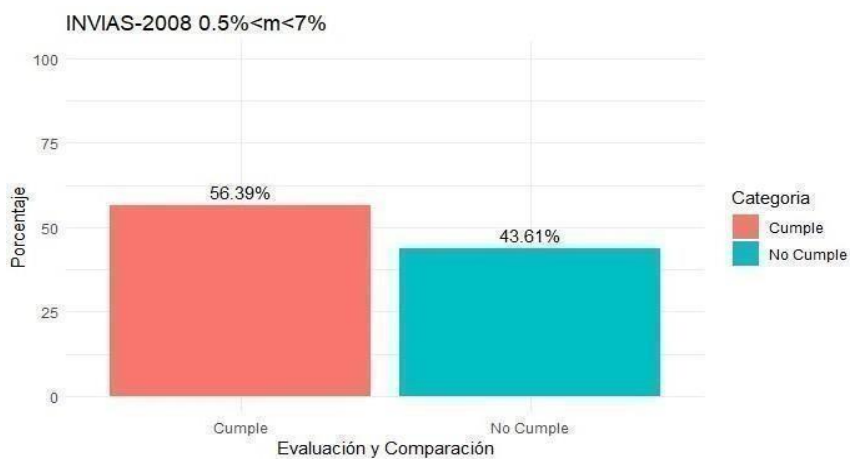
*Pendientes Vialidad-2010*



En la **figura N°51** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la pendiente de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma DNV-2010. El término 'limitado' indica sin restricciones adicionales.

**Figura 52**

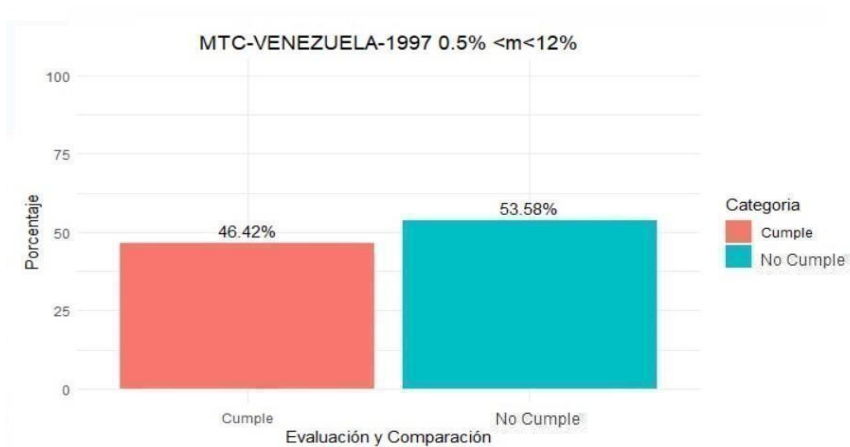
*Pendiente INVIAS-2008*



En la **figura N°52** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la pendiente de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma INVIAS-2008.

**Figura 53**

*Pendiente MTC-1997*



En la **figura N°53** se visualiza en términos porcentuales la evaluación y comparación de la pendiente de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, empleando la norma MTC-1997.

### c) Sección Transversal

En la sección transversal evaluamos y comparamos las características geométricas existentes en la trocha puente Huayquipa-Huayquipa, teniendo en cuenta que ya existe una sección transversal. Para la realización de la evaluación y comparación, previamente determinaremos mediante cálculos la precipitación (mm/año) para así realizar un correcto estudio sobre: Ancho De calzada, Berma, Bombeo y Peralte.

Se realiza la recopilación de información en Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) de las precipitaciones mensuales de las estaciones de: Cotabambas-Tambobamba, Andahuaylas-Andahuaylas y Abancay- Curahuasi, para ello se realizará el procedimiento de Método Cuadrado de la Distancia Inversa para así obtener resultados más conservadores.

**Tabla 92**

#### *Estaciones meteorológicas*

ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS EN EL ESTUDIO							
ESTACIONES	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		ALTITUD m.s.n.m.	CUENCA	UBICACIÓN		
	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE			Departamento	Provincia	Distrito
TAMBOBAMBA	13° 56' 30.00	72° 10' 14	327	APURIMAC	APURIMAC	COTABAMBAS	TAMBOBAMBA
ANDAHUAYLAS	13° 39' 25	73° 22' 15	293	ALTO APURIMAC	APURIMAC	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS
CURAHUASI	13° 33' 8"0	72° 44' 5	276	PAMPAS	APURIMAC	ABANCAY	CURAHUASI

Tabla 93

## Precipitaciones mensuales-Tambobamba

PRECIPITACIONES MENSUAL-TAMBOBAMBA													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRECIPITACION ANUAL (mm/año)
1990	135.40	37.80	79.70	45.80	15.20	28.20	3.60	15.90	7.60	62.10	87.00	109.80	628.10
1991	51.40	48.80	94.40	0.00	14.50	8.70	0.00	0.00	8.70	42.90	32.00	16.60	318.00
1992	15.20	80.10	37.10	18.90	0.00	31.20	0.00	47.90	0.00	43.60	24.20	49.90	348.10
1993	126.60	92.30	77.90	49.20	5.00	0.00	11.00	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	362.00
1994	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
1995	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00
1996	275.60	247.50	114.70	64.00	4.50	2.00	6.00	28.10	23.00	66.70	51.80	62.50	946.40
1997	225.90	S/D	180.40	56.60	21.20	2.70	0.00	35.00	25.60	25.40	85.20	86.90	744.90
1998	171.90	102.10	157.80	22.00	9.10	3.00	0.00	1.00	9.00	92.00	52.10	89.60	709.60
1999	203.30	291.60	162.00	77.90	12.20	9.30	3.40	0.00	71.10	80.60	73.60	132.80	1117.80
2000	213.50	299.20	115.30	49.90	7.10	18.90	19.50	28.80	16.90	92.90	51.20	196.10	1109.30
2001	256.20	180.00	193.80	37.70	51.40	1.10	29.50	24.60	10.60	32.60	33.10	102.60	953.20
2002	125.60	202.30	133.90	76.00	22.80	11.00	58.00	16.30	63.20	81.80	S/D	130.10	921.00
2003	208.20	182.90	199.60	20.50	6.70	0.00	1.60	35.80	35.70	94.90	35.50	136.60	958.00
2004	138.70	217.20	81.70	S/D	10.50	22.20	37.00	17.90	34.90	23.30	40.40	145.30	769.10
2005	78.70	150.60	S/D	57.10	S/D	0.00	16.30	24.80	83.40	S/D	69.20	137.00	617.10
2006	210.30	143.00	87.90	42.00	0.00	13.30	0.00	0.00	4.00	S/D	129.30	141.10	770.90
2007	153.10	125.50	177.00	17.80	16.50	S/D	17.90	1.30	69.40	S/D	46.10	200.00	824.60
2008	163.90	98.90	96.40	S/D	22.00	S/D	0.00	10.30	9.60	32.30	64.00	126.20	623.60
2009	169.60	191.10	126.20	69.70	4.50	S/D	17.40	16.10	0.00	S/D	145.10	55.50	795.20
2010	178.00	177.50	94.30	68.70	24.50	0.00	3.50	9.10	5.40	51.10	34.90	139.20	786.20
2011	226.50	238.50	181.40	S/D	S/D	7.50	S/D	S/D	S/D	S/D	102.30	94.40	850.60
2012	174.00	S/D	S/D	S/D	15.60	14.90	6.30	3.80	13.60	66.20	25.90	267.40	587.70
2013	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	13.00	S/D	56.20	188.90	258.10
2014	259.20	217.90	126.40	67.10	24.20	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	694.80

En la **tabla N°93** se visualiza las precipitaciones mensuales dentro de su respectivo año, se utilizará la información de la estación Tambobamba-Apurímac de los años 1990 hasta el 2014 del SENAMHI.



**Tabla 94***Precipitaciones mensuales-Andahuaylas*

PRECIPITACIONES MENSUAL-ANDAHUAYLAS													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PRECIPITACION ANUAL (m m/año)
1990	S/D	S/D	S/D	S/D	32.30	S/D	4.10	22.50	36.40	S/D	86.30	S/D	181.60
1991	129.10	S/D	S/D	34.00	49.20	22.50	S/D	S/D	16.30	S/D	54.30	46.80	352.20
1992	64.40	112.40	54.30	S/D	0.00	S/D	S/D	45.90	S/D	S/D	S/D	S/D	277.00
1993	152.60	S/D	S/D	S/D	39.60	2.00	10.00	44.00	38.10	90.10	S/D	134.00	510.40
1994	111.50	133.40	107.60	49.70	1.30	0.00	0.20	5.00	8.80	24.90	72.60	90.30	605.30
1995	117.20	95.20	169.70	40.60	2.80	8.10	20.70	6.70	8.80	23.80	35.00	62.30	590.90
1996	156.10	175.20	104.70	66.80	11.60	0.10	4.50	37.60	24.00	34.60	45.10	33.40	693.70
1997	S/D	143.70	110.40	39.50	14.50	2.20	2.80	53.70	33.30	32.90	84.20	53.50	570.70
1998	160.10	82.40	79.50	56.40	0.10	6.00	0.50	1.20	3.20	42.40	47.50	67.50	546.80
1999	112.60	148.60	133.70	46.00	7.20	3.50	13.50	0.50	84.60	34.60	37.40	85.60	707.80
2000	127.30	196.80	122.00	20.70	5.80	23.50	20.00	17.10	21.40	112.30	40.20	97.40	804.50
2001	199.70	109.10	153.40	28.30	73.10	10.20	19.50	30.00	30.80	37.00	59.10	98.90	849.10
2002	74.00	124.60	126.10	38.80	29.00	3.90	30.90	21.30	48.20	44.90	61.20	99.70	702.60
2003	109.10	145.00	142.00	59.50	16.60	11.20	4.30	36.70	50.00	24.70	28.80	93.90	721.80
2004	99.80	129.30	70.80	54.50	10.20	11.90	39.40	17.60	38.10	31.70	54.50	113.10	670.90
2005	83.80	71.30	112.50	18.50	3.30	0.00	12.30	6.80	26.00	91.80	64.70	106.10	597.10
2006	194.40	97.20	138.50	22.20	3.40	7.30	0.00	5.00	27.20	45.50	104.80	68.40	713.90
2007	102.20	89.00	135.70	38.50	18.70	0.00	17.80	10.80	9.90	59.40	47.80	156.70	686.50
2008	152.10	111.10	79.90	44.60	20.80	9.30	1.00	5.20	17.10	46.90	43.30	89.40	620.70
2009	133.90	120.50	84.80	61.60	14.30	0.00	20.50	3.70	5.70	30.10	75.40	83.70	634.20
2010	159.90	106.40	72.10	38.60	24.90	0.70	1.20	16.30	33.40	51.70	31.20	103.30	639.70
2011	218.80	204.80	112.70	39.00	11.20	6.90	8.60	9.50	41.40	41.80	72.60	86.40	853.70
2012	181.00	251.50	151.40	59.20	16.50	11.80		10.00	37.90	50.70	32.20	222.10	1024.30
2013	140.60	162.40	98.30	8.90	6.30	23.70	24.20	50.60	26.50	38.90	34.00	114.50	728.90
2014	227.40	104.40	120.70	36.40	57.50	0.00	10.20	3.90	54.70	52.10	26.00	90.30	783.60

En la **tabla N°94** se visualiza las precipitaciones mensuales dentro de su respectivo año, se utilizará la información de la estación Andahuaylas-Apurímac de los años 1990 hasta el 2014 del SENAMHI.

**Tabla 95***Precipitaciones mensuales-Abancay*

PRECIPITACIONES MENSUAL-ABANCA Y													PRECIPITACION
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL (m m/año)
1993	164.50	113.20	119.40	83.90	6.40	0.00	5.10	38.80	0.00	40.10	134.00	164.60	870.00
1994	167.60	81.30	61.70	19.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	229.30	95.60	156.10	810.60
1995	129.10	89.70	139.50	34.50	6.80	0.00	0.00	0.00	5.90	4.40	105.80	119.20	634.90
1996	120.90	165.80	77.10	48.70	0.80	0.00	0.00	21.40	17.90	64.10	62.20	63.70	642.60
1997	171.30	136.60	115.10	21.20	18.20	0.00	0.00	19.20	4.70	14.20	91.30	129.30	721.10
1998	176.00	106.60	85.70	12.70	2.20	3.90	0.00	1.70	2.20	35.10	35.80	99.30	561.20
1999	182.30	171.10	119.80	60.00	8.10	3.80	2.00	0.00	27.70	64.90	65.10	107.00	811.80
2000	202.80	180.50	85.80	22.20	7.10	11.20	16.00	14.10	15.50	51.50	40.50	124.90	772.10
2001	197.20	68.50	127.90	23.30	13.50	0.00	12.60	23.10	4.00	48.50	81.10	69.30	669.00
2002	114.30	158.80	107.20	87.40	15.00	7.20	32.20	12.90	27.40	102.40	108.00	106.00	878.80
2003	168.20	239.40	198.10	43.30	6.30	2.00	0.40	14.40	18.60	33.00	112.00	145.20	980.90
2004	123.80	134.10	67.70	47.90	17.90	4.00	14.50	12.40	43.90	46.90	75.80	171.70	760.60
2005	77.70	97.90	102.00	28.70	2.70	0.00	11.20	2.10	8.70	31.50	66.90	141.40	570.80
2006	183.00	116.90	103.90	77.00	0.00	6.00	0.00	1.10	3.10	51.40	87.80	121.20	751.40
2007	75.60	109.10	151.60	19.10	7.00	0.00	7.80	1.50	1.00	47.40	84.10	174.50	678.70
2008	107.50	127.30	109.40	18.70	8.40	6.30	0.00	10.60	5.50	48.20	93.30	152.10	687.30
2009	84.20	185.30	86.50	47.10	13.00	0.00	4.60	5.80	13.50	36.50	119.40	95.00	690.90
2010	175.50	91.20	114.60	35.50	7.10	0.00	1.80	4.60	9.90	43.00	58.70	113.00	654.90
2011	145.90	185.70	152.40	52.20	5.40	1.50	6.80	18.60	33.40	36.90	90.40	102.80	832.00
2012	135.70	240.10	209.50	69.00	0.00	5.60	7.00	1.40	17.10	57.00	35.80	233.60	1011.80
2013	113.20	186.90	64.60	22.10	3.70	1.00	2.30	27.00	7.90	51.70	124.20	146.80	751.40
2014	182.00	121.40	134.90	60.40	5.00	0.00	2.10	1.60	21.40	43.10	52.70	169.10	793.70

En la **tabla N°95** se visualiza las precipitaciones mensuales dentro de un año calendario, se utilizará la información de la estación Abancay-Apurímac de los años 1993 hasta el 2014 del SENAMHI.

Tabla 96

*Distancia euclidiana de estaciones meteorológicas*

ESTACIONES	<u>COORDENADAS UTM</u>		ALTITUD m.s.n.m.	Distancia Euclidiana (Km)
	LATITUD	LONGITUD		
HUAYQUIPA	690210.66	8442881.02	3909	
TAMBOBAMBA	676550.82	8490538.41	3275	49.58
ANDAHUAYLAS	762333.09	8499263.38	2933	91.55
CURAHUASI	805232.51	8456551.29	2763	115.84

En la tabla **N°96** se procede a determinar la distancia de las estaciones al punto de estudio partiendo del conocimiento de las coordenadas UTM y la altura media sobre el nivel del mar.

Figura 54

*Imagen satelital C.P. Huayquipa*



Tabla 97

Precipitación anual de estaciones meteorológicas

AÑO	ESTACIONES			PRECIPITACION
	TAMBOBAMBA	CURAHUASI	ANDAHUAYLAS	ANUAL (mm/año)- HUAYQUIPA
1990	628.1	0	181.6	461.478
1991	318	0	352.2	285.339
1992	348.1	0	277	290.788
1993	362	870	510.4	454.506
1994	0	810.6	605.3	220.809
1995	0	634.9	590.9	196.150
1996	946.4	642.6	693.7	858.511
1997	744.9	721.1	570.7	707.344
1998	709.6	561.2	546.8	658.849
1999	1117.8	811.8	707.8	998.391
2000	1109.3	772.1	804.5	1006.917
2001	953.2	669	849.1	897.261
2002	921	878.8	702.6	872.381
2003	958	980.9	721.8	913.922
2004	769.1	760.6	670.9	748.539
2005	617.1	570.8	597.1	607.383
2006	770.9	751.4	713.9	757.158
2007	824.6	678.7	686.5	779.066
2008	623.6	687.3	620.7	630.927
2009	795.2	690.9	634.2	750.278
2010	786.2	654.9	639.7	740.809
2011	850.6	832	853.7	848.908
2012	587.7	1011.8	1024.3	727.045
2013	258.1	751.4	728.9	412.824
2014	694.8	793.7	783.6	724.710
D (Km)	49.58	115.84	91.55	
Wa	0.677	0.124	0.199	

En la **tabla N°97** se visualiza las precipitaciones mensuales dentro de su respectivo año, se utilizará la información calculada de la precipitación anual (mm/año) del C.P. Huayquipa los años 1990 hasta el 2014.

**Tabla 98***Resumen de precipitaciones anuales (mm/año)*

<b>HUAYQUIPA</b>	
<b>(mm/año)</b>	<b>Año</b>
461.478	1990
285.339	1991
290.788	1992
454.506	1993
220.809	1994
196.150	1995
858.511	1996
707.344	1997
658.849	1998
998.391	1999
1006.917	2000
897.261	2001
872.381	2002
913.922	2003
748.539	2004
607.383	2005
757.158	2006
779.066	2007
630.927	2008
750.278	2009
740.809	2010
848.908	2011
727.045	2012
412.824	2013
724.710	2014
662.012	Precipitación promedio multianual (mm/año)

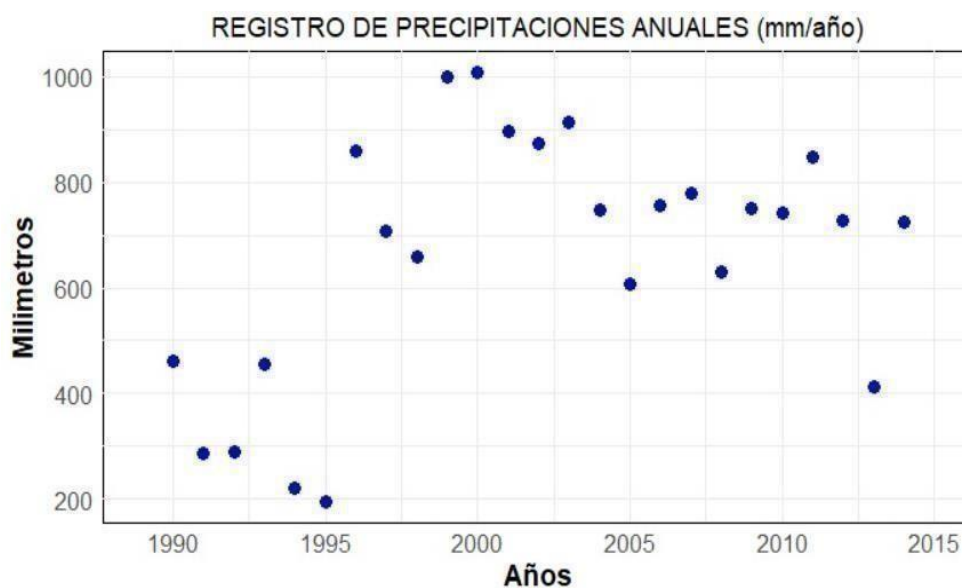
**Tabla 99***Registro de precipitaciones anuales (mm/año)*

Tabla 100

Determinación de datos atípicos

DETERMINACIÓN DE DATOS ATÍPICOS RESUMIDO					
N	Prec. Max diaria anual	Año	Ln Max	Condición $Y_i < Ln < Y_s$	
1	461.478	1990	6.13	Cumple	
2	285.339	1991	5.65	Cumple	
3	290.788	1992	5.67	Cumple	
4	454.506	1993	6.12	Cumple	
5	220.809	1994	5.40	Cumple	
6	196.150	1995	5.28	Cumple	
7	858.511	1996	6.76	Cumple	
8	707.344	1997	6.56	Cumple	
9	658.849	1998	6.49	Cumple	
10	998.391	1999	6.91	Cumple	
11	1006.917	2000	6.91	Cumple	
12	897.261	2001	6.80	Cumple	
13	872.381	2002	6.77	Cumple	
14	913.922	2003	6.82	Cumple	
15	748.539	2004	6.62	Cumple	
16	607.383	2005	6.41	Cumple	
17	757.158	2006	6.63	Cumple	
18	779.066	2007	6.66	Cumple	
19	630.927	2008	6.45	Cumple	
20	750.278	2009	6.62	Cumple	
21	740.809	2010	6.61	Cumple	
22	848.908	2011	6.74	Cumple	
23	727.045	2012	6.59	Cumple	
24	412.824	2013	6.02	Cumple	
25	724.710	2014	6.59	Cumple	
<b>Promedio</b>	654.80	<b>Media Ln</b>	6.38		
<b>Desv. Est</b>	256.64	<b>Desvió Ln</b>	0.51		
		<b>Ko</b>	2.486		
		<b>Lim Superior</b>	7.640		
		<b>Lim Inferior</b>	5.125		

En la **tabla N°100** se verifica las precipitaciones anuales mediante el cotejo de los resultados atípicos y así garantizar la calidad de los datos meteorológicos.

- **Ancho de Calzada**

**Tabla 101**

Anchos de calzada de los Países Andinos

EVALUACION Y COMPARACION DE ANCHO DE CALZADA						
Carretera Huayquipa	DG-2018	NEVI-12	INVIAS	CHILE- 2022/ABC -2007	VIALIDAD -2010	MTC- 1997
3 m	4m	4m	6m	3m	3.35m	4m

En la **Tabla N°101** se observa el ancho de calzada existente, y los anchos de calzada siguiendo los lineamientos de los Países Andinos. El ancho de calzada de 3m de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa es un ancho promedio.

- **Berma**

**Tabla 102**

Berma de los Países Andinos

EVALUACION Y COMPARACION DE BERMA						
Carretera Huayquipa	DG-2018	NEVI-12	INVIAS	CHILE- 2022/ABC -2007	VIALIDAD -2010	MTC- 1997
***	0.50 m / 8%	***	0.5 m	0.5 m	0.5m / 8%	***

**Nota:** "A/B", A es el ancho de berma (m) y B es la inclinación (%).  
(\*\*\*) Es ausencia de datos.

En la **Tabla N°102** se observa la inexistencia de bermas, y los valores de bermas siguiendo los lineamientos de los Países Andinos.



- **Bombeo**

**Tabla 103***Valores de bombeo de los Países Andinos*

EVALUACION Y COMPARACION DE BOMBEO						
Carretera Huayquipa	DG-2018	NEVI-12	INVIAS	CHILE- 2022/ABC -2007	VIALIDAD -2010	MTC- 1997
***	4%	2%	4%	4%	3%	2%

**Nota:** El (%) de bombeo dependerá de la precipitación del lugar de estudio (\*\*\*) es ausencia de datos.

En la **Tabla N°103** se observa la inexistencia de bombeo en la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, y los valores de porcentaje de bombeo siguiendo los lineamientos de los Países Andinos.

- **Peralte**

**Tabla 104***Valores de Peralte de los Países Andinos*

EVALUACION Y COMPARACION DE PERALTES						
Carretera Huayquipa	DG-2018	NEVI-12	INVIAS	CHILE- 2022/ABC -2007	VIALIDAD -2010	MTC- 1997
10%	12% max	16% max	8% max	6% max	10% max	10% max

Nota: el (%) peralte en curvas

En la **Tabla N°104** se observa el valor de peralte existente en la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, y los valores de pendientes siguiendo los lineamientos de los Países Andinos. El peralte es de 10% en la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa es un peralte promedio.



## 4.2. Discusión de resultados

La tesis abordada tiene como objetivo general evaluar y comparar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, proponiendo un diseño geométrico apropiado.

Tomando en consideración las dimensiones de las variables, se han formulado los siguientes objetivos específicos.

Determinar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, propondremos un diseño geométrico horizontal apropiado, determinar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, propondremos un diseño geométrico vertical apropiado, determinar las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos-Abancay-2023, propondremos un diseño geométrico transversal apropiado.

Posterior a la ejecución de los trabajos de recolección de datos topográficos, trabajo de gabinete y realizando el cotejo de la literatura normativa vial de cada uno de los países del grupo Andino, durante el desarrollo de la tesis se determinó que el contenido normativo de la norma chilena y boliviana es el mismo; así que dichas normas se trabajaron en conjunto en todo el desarrollo de la tesis, donde se alcanzaron los objetivos específicos y generales.

Los resultados finales de la evaluación y comparación de la característica geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, en el

indicador distancia de visibilidad de parada, nuestro objeto de estudio al ser evaluada con la normatividad vial de los Países Andinos tuvo como resultado que según la norma DG-2018 el 50.53% cumple con los lineamientos mínimos, en INVIAS-2008 el 56.60% cumple con el mínimo correspondiente a dicho manual, en Chile- 2022/ABC-2007 el 61.95% cumple, NEVI-2012 el 55.18% cumple, Vialidad-2010 el 47.53% cumple y en MTC-1997 el 69.12% cumple. Todos estos resultados se obtienen de la comparación con las características geométricas existente en el objeto de estudio.

También se evaluó y comparo los radios de curvas horizontales, determinándose que en la norma DG-2018 el 81.20% cumple, INVIAS-2008 el 60.68% cumple, en NEVI-2012 el 76.07% cumple, Vialidad-2010 el 53.47% cumple, en MTC- 1997 el 47.89% cumple, en Chile-2022/ABC-2007 el 37.61% cumple. Todos estos resultados se obtienen de la comparación con los elementos geométricos existente en el objeto de estudio.

Mediante la evaluación y comparación de sobreechanos se determinó que en la norma DG-2018 el 47.6% No cumple, en INVIAS-2008 el 60.68% cumple, en Vialidad- 2010 y MTC-1997 nos indican que los “Sa mínimos” requeridos serían 0.5m y 0.6m correspondientemente. Esta evaluación y comparación se realizó con las características geométricas verticales.

Los resultados de las pendientes mediante la comparación y evaluación indican, que la norma DG-2018 el 82.24% de las pendientes cumple, en NEVI-2012 el 71.96% cumple, en Chile-2022 el 56.39% cumple, en Vialidad-2010 el 43.93% limitado, en INVIAS-2008 el 56.39% cumple, en MTC-1997 el 46.42% cumple. Estos resultados son producto de la evaluación y comparación de las

características geométricas existentes en la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa.

Los elementos geométricos del diseño transversal fueron evaluados y comparados con los resultados obtenidos en campo que son: ancho de calzada promedio de 3m, la no existencia de bermas en la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, la no existencia de pendientes de bombeo y obteniéndose un peralte promedio en curvas del 10%.

(Pinzón, 2021), en su investigación “Análisis de seguridad y señalización vial a partir de parámetros de diseño geométrico para vías rurales”, determino parámetros de alineamiento horizontal que no cumplen con el requisito de cumplimiento mínimo del 90 % en todo su estudio. Teniendo como parámetros iniciales una velocidad de diseño de 40 km/h un carril del 3.5m y un peralte del 8%, estos resultados son corroborados con la evaluación y comparación en la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa, determinando que ningún elemento geométrico horizontal en estudio cumple el 90%, También se verifica que para el tipo de clasificación de vía, esta se encontraría circunscrita a vías terciarias según la norma Colombiana, de ancho de calzada de 6m y pendiente de 8%, en tal sentido no correspondería la propuesta de 3.5 m de ancho de calzada para el análisis de este tipo de vías según el INVIAS- 2008

De igual forma (Naith Eliana & Diana Carolina, 2019), realizo la investigación: “Normas de Estandarización de Diseño Geométrico de Trochas Carrozables para Modificar la Norma del MTC a Través del Análisis de Estándares de Otros Países”, propone distancias de adelantamientos para trochas carrozables relacionándolo directamente a la velocidad de diseño y el IMDA,

analizando estos resultados no guardarían correlación con la naturaleza de toda trocha carrozable dado que según la norma DG-2018 la distancia de adelantamiento se manifiesta en vías de dos carriles, no estando esta característica presente en las trochas carrozables, como lo es la trocha carrozable Puente Huayquipa-Huayquipa.

En la investigación de (Oscar Franz & Jamershon, 2023), en su investigación “Propuesta de parámetros para el diseño geométrico de trochas carrozables bajo el enfoque de seguridad activa y normas internacionales, aplicado a la carretera Balconcillo-Cruce San Andrés, Cutervo” el resultado que obtuvo para el diseño geométrico de trochas carrozables no se encuentran delimitados en el DG-2018, en tal sentido la evaluación y comparación utiliza los lineamientos mínimos de DG- 2018 donde sí se encuentra suscrito el ancho de calzada y la clasificación vial para una trocha carrozable, también se pueden analizar algunas consideraciones de carreteras terciarias y ajustarla a este tipo de vías, tomar en cuenta los lineamientos de los Países Andinos sobre vías rurales para así reducir las limitaciones del DG- 2018.

(Wilde Renzo & Alexander Antonio, 2018), en su investigación “Propuesta de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en la norma DG-2018 a fin de optimizar costos”, propone anchos de calzada 7.00 metros, 6.50 metros, 5.5 metros y 4.50 metros, dependiendo del Índice de diaria anual (IMDA) y la velocidad de diseño según DG-2018, en tal sentido sus resultados no serían congruentes con el ancho de calzada de 3m de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa; pero si convergerían sus resultados comparándolos con la propuesta de 6 m según INVIAS- 2008.

(Eusebio Kisei, 2020), en su investigación: “Análisis del diseño geométrico de la trocha carrozable Huacho -Pampacancha, Quillo, Yungay, Ancash, con el manual de diseño geométrico 2018”, determino que los elementos geométricos que presentan incompatibilidad en términos porcentuales en el diseño horizontal incluyen un 68% de radios, un 99% de sobreamplios. Se descubrió que el 14% de las pendientes no eran compatibles con el diseño vertical y finalmente, en el diseño transversal se encontró que el 96% de bermas eran incompatibles, analizando los resultados con lo obtenido solo para elementos horizontales la evaluación con la norma MTC-1997 tendría un porcentaje de compatibilidad de 69.12%, la compatibilidad de pendientes estaría por encima con los resultados de 71.96% en el NEVI-2012, en Chile-2022 el 56.39%, en Vialidad-2010 el 43.93%, en INVIAS- 2008 el 56.39%, también se encontró 0% de compatibilidad en bermas dada su inexistencia en campo.

Finalmente, con lo discutido definiremos una propuesta de diseño geométrico de la trocha carrozable puente Huayquipa-Huayquipa basándonos en nuestras dimensiones e indicadores de las tablas N°60 y N°61, tomando en cuenta que esta propuesta se basa solo en los indicadores evaluados y comparados. La distancia de visibilidad que se propone es de 50m que sería una velocidad adecuada que permitiría la capacidad de frenado del vehículo, lo cual reducirá colisiones frontales, permitiendo reaccionar al conductor en condiciones críticas dadas por eventos meteorológicos; la propuesta de radios irá de la mano con la propuesta de sobreamplios, los radios evaluados de las diferentes normativas de los Países del grupo Andino nos da a proponer un rango de radios para orografías accidentadas entre 40m-50m, más que un único valor de radio como lo propuesto, este rango de valores permite generar flexibilidad en trazados correspondiente a

las limitaciones del terreno. En sobreelevaciones tomar el límite superior del rango de radios propuestos sería más conservador debido a que el sobreelevado depende directamente del radio de curvatura, dando así espacio adicional en curvas para vehículos diferentes al vehículo de diseño (VL).

La longitud de curvas verticales tiene relación directa con la distancia de visibilidad de parada, teniendo que ser estas longitudes suaves que permitan las transiciones de elevación y tenga en cuenta el peralte para el drenaje superficial, la propuesta en pendientes es de mantener una pendiente del 8% como máximo, pero en casos de que la topografía no permitiera, se debe tomar como propuesta una pendiente hasta 12% como máximo.

El ancho de calzada propuesto es de 4m delimitado en el DG-2018, NEVI-2012 y en Chile-2022, en las demás normativas donde existen anchos de 3.35m en Vialidad- 2010 y 6m en INVIAS-2008, la primera no permite de manera cómoda la maniobrabilidad y coexistencia con otro tipo de vehículos, para el segundo caso que sería el más crítico conllevaría mayores costos de construcción que tendrían que ser sustentadas por la importancia del IMDA, la propuesta de berma sería 0.5m con 8% de grado de inclinación que evitaría la erosión y protegería los márgenes de la vía, el valor de bombeo que se propone es un 3% dada recomendación de Vialidad Nacional, esta propuesta se argumenta en la precipitación (mm/año) por debajo de las precipitaciones de los últimos años en el tramo puente Huayquipa- Huayquipa, la propuesta de peraltes en curvas es de 10% y 16% como máximo para garantizar la estabilidad lateral y una adecuada armonía de drenaje con la característica de sobreelevado.

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

**Hipótesis específica 1:** *Las características geométricas del diseño geométrico horizontal de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos- Abancay-2023, no están adecuadamente diseñados y constituidos.*

Habiendo realizado la evaluación y comparación de las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa con las diferentes normativas de los Países Andinos: DG-2018, INVIAS-2008, Vialidad-2010, NEVI-12, Chile-2022, MTC-1997 y el ABC-2007. Se determinó que las características geométricas en el diseño geométrico horizontal como: distancia de visibilidad de parada, radios y sobrecanchos, no están adecuadamente diseñados y constituidos.

**Hipótesis específica 2:** *Las características geométricas del diseño geométrico vertical de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la normatividad vial de los Países Andinos- Abancay-2023, no están adecuadamente diseñados y constituidos.*

Habiendo realizado la evaluación y comparación de las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa con las diferentes normativas de los Países Andinos: DG-2018, INVIAS-2008, Vialidad-2010, NEVI-12, Chile-2022, MTC-1997 y el ABC-2007. Se determinó que las características geométricas en el diseño geométrico vertical como: pendientes máximas y mínimas, no están adecuadamente diseñados y constituidos.

**Hipótesis específica 3:** *Las características geométricas del diseño geométrico transversal de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa, empleando la*

*normatividad vial de los Países Andino- Abancay-2023, no están adecuadamente diseñados y constituidos.*

Habiendo realizado la evaluación y comparación de las características geométricas de la trocha carrozable puente Huayquipa – Huayquipa con las diferentes normativas de los Países Andinos: DG-2018, INVIAS-2008, Vialidad-2010, NEVI-12, Chile-2022, MTC-1997 y el ABC-2007. Se determinó que las características geométricas en el diseño geométrico transversal como: ancho de calzada, berma, bombeo y peralte, no están adecuadamente diseñados y constituidos.



## CONCLUSIONES

### **Conclusión N°1 objetivo general**

Se llegó definir una propuesta adecuada de diseño, que se alcanzó al realizar la revisión de la literatura de diseño geométrico de carreteras, teniendo en cuenta que se evaluó y comparo, empleando las normas de los Países Andinos: DG- 2018, INVIAS- 2008, Vialidad- 2010, NEVI-12, Chile-2022, MTC-1997 y el ABC- 2007(ver p.238).

### **Conclusión N°2 del objetivo específico “a”**

Una adecuada propuesta de diseño se alcanzó al realizar la revisión de la literatura de diseño geométrico de carreteras de los Países Andinos. Se evaluó y comparo los manuales: DG-2018, INVIAS-2008, Vialidad- 2010, NEVI-12, Chile-2022, MTC-1997 y el ABC-2007. Los resultados que se obtuvieron logran ampliar la visión y los alcances, no solo de los lineamientos limitados de la normatividad peruana, si no ampliar mayores criterios para este tipo de vías, el DG-2018 propone radio mínimo de 25 m, este tipo de radios generarían curvas cerradas que dificultarían la accesibilidad al giro para vehículos diferentes al vehículo de diseño, que serían casos particulares.

La distancia de parada que depende directamente de la altura de los faros, del vehículo, del conductor y la velocidad de diseño, en las normas evaluadas esta distancia es de 35m a 50m, concentrándose los valores de distancia de visibilidad de parada en las diferentes normas entre 40m y 50m. Los sobreechornos son abordados con profundidad en las normas colombiana y peruana, siendo la última

más conservadora al incluir un sumando a la ecuación que rige el parámetro “Sa” que sería la velocidad de diseño, pero ambas determinándose por las dimensiones del vehículo. Las normas MTC-1997 y Vialidad-2010 proponen un sobreaño mínimo, las normas Chile-2022 y NEVI-2012 no suscriben dichas características en sus respectivos manuales.

### **Conclusión N°3 del objetivo específico “b”**

Una adecuada propuesta de diseño se alcanzó al realizar la revisión de la literatura de diseño geométrico de carreteras de los Países Andinos. Se evaluó y comparo los manuales: DG-2018, INVIAS-2008, Vialidad- 2010, NEVI-12, Chile-2022, MTC-1997 y el ABC-2007. Los elementos verticales al ser cotejados por las diferentes normas, se verifica que en el caso de pendientes no superan el 90% de cumplimiento de los elementos geométricos, con el manual NEVI-12 el 71.96% de las pendientes cumple, siendo este el valor más alto, en cambio el valor mínimo de cumplimiento 43.93% de Vialidad-2010, teniendo como conclusión que las etapas de construcción y mantenimiento de la trocha carrozable no se realizó el control riguroso de pendientes.

### **Conclusión N°4 del objetivo específico “c”**

Una adecuada propuesta de diseño se alcanzó al realizar la revisión de la literatura de diseño geométrico de carreteras de los Países Andinos. Se evaluó y comparo los manuales: DG-2018, INVIAS-2008, Vialidad- 2010, NEVI-12, Chile-2022, MTC-1997 y el ABC-2007. Los resultados obtenidos en ancho de calzada

como propuesta es de 4m, existiendo una deficiencia en los anchos de calzada encontrados de 1m, estas deficiencias pueden crear dificultades de maniobrabilidad, las comparaciones propuestas en las normas como: INVIAS-

2008 de 6m siendo el máximo, Vialidad nacional 3.35m y Chile-2022 de 3m siendo estas las de valores mínimos, en el primer caso requiere un mayor costo de inversión y el IMDA obtenido no justifica su aplicación, las dos menores no consideran la coexistencia con otros vehículos y dificulta las acciones de maniobra.

Las bermas en toda la literatura cotejada es de 0.5m, siendo este valor tomado como propuesta acotando que dicha superficie sería de césped como indica el DG- 2018, en el valor de bombeo se propone el 3% siendo esta la media de los valores evaluados y tomando en consideración la baja precipitación (mm/año) respecto a los últimos años que tienen una tendencia de crecimiento, el peralte encontrado en campo es de 10% , proponiendo este mismo valor, sin embargo si las condiciones topográficas y orográficas son agresivas, se puede establecer una holgura de 16% máximo como indica el NEVI-2012.

## RECOMENDACIONES

### **Recomendación N°1 del objetivo general**

Se recomienda que, al realizar un diseño geométrico de trochas carrozables en zonas rurales, con la normatividad vial peruana encontrará vacíos teóricos y técnicos sobre ciertas características, debiendo cotejar la normatividad de los Países Andinos para así tener más alternativas de lineamientos técnicos.

### **Recomendación N°2 del objetivo específico “a”**

Se sugiere que, al momento de realizar el diseño geométrico horizontal, se tenga en consideración el tipo de vehículo que dará el giro en curvas horizontales, garantizando de esta manera una correcta maniobrabilidad, también la adición de sobreebanco para vías con velocidad de diseños bajas debe colocarse en la parte interna de la curva.

### **Recomendación N°3 del objetivo específico “b”**

Se sugiere que, al momento de realizar el diseño geométrico vertical, se tenga en consideración el control de pendientes dado que estas están relacionadas directamente con el consumo de combustible por kilómetro, si estas pendientes no están diseñadas bajo criterios técnicos el costo de tránsito por esa vía, tendría un gasto considerable.

### **Recomendación N°4 del objetivo específico “c”**

Se sugiere que, al momento de realizar el diseño geométrico transversal, se considere la realización de bermas de césped con la finalidad de proteger la calzada. El bombeo es importante dado que ayuda a discurrir las aguas producto de las precipitaciones y evitar la erosión de la calzada.

## BIBLIOGRAFIA

- Ministerio del Ambiente. (2014). Análisis, Comparativo de Métodos de Interpolación Espacial para la Elaboración de Mapas Climáticos de Precipitación. En S. N. Perú-SENAMHI. Lima. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-64.pdf>
- Administración Boliviana de Carreteras. (2007). Manual de Diseño Geométrico. Cochabamba. Obtenido de [http://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual\\_de\\_diseno\\_geometrico.pdf](http://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual_de_diseno_geometrico.pdf)
- Álvaro B., M. F. (2001). *La ética del investigador frente a la producción y difusión del conocimiento científico*. Maracaibo, Venezuela. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29061608>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela. Obtenido de <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- B. GIAI, S. (2008). Introducción a la hidrología. Obtenido de <https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/146/lb-giaint008.pdf?sequence=3>
- Castellano, B. J. (2017). *El uso de los métodos deductivo e inductivo para aumentar la eficiencia del procesamiento de adquisición de evidencias digitales*. Bogotá. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/cuco/v18n46/0123-1472-cuco-18-46-00056.pdf>
- Cemino, M. a. (2016). Comparación de Diseño Geométrico de las Normas de VN'67/80 y su Actualización 2010 Propuesta por la EICAM. Universidad Nacional de Cordoba. Obtenido de

<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/3941/trabajo%20final%20mario%20cemino%20V03%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>Conservación, S. N. (2018). *Informe anual Estadístico SEMEC*. Obtenido de <https://www.sinac.go.cr/ES/transprncia/Informe%20SEMEC/Informe%20SEMEC%202018.pdf>

Council, U. W. (1981). Tabla de valores de  $k_n$  para una distribución normal.

Enriquez L., A. C. (2021). *Meteorología*. Obtenido de [https://instipp.edu.ec/instipp/assets/pdf/guias/manual/s1\\_meteorologia.pdf](https://instipp.edu.ec/instipp/assets/pdf/guias/manual/s1_meteorologia.pdf)

Ernesto, A. R. (2005). *Metodología de la Investigación*. México.

Eusebio Kisei, M. Q. (2020). *Análisis del diseño geométrico de la trocha carrozable Huacho - Pampacancha, Quillo, Yungay, Ancash, con el manual de diseño geométrico 2018 [Título de Licenciatura]*. Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75537/Mishti\\_QE%20K-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75537/Mishti_QE%20K-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Franklin Rene, C. P., Marco Antonio, C. M., & Fredy Elver, M. V. (2021). *Diseño Geométrico de la Carretera de Bajo Volumen de Tránsito en la Localidad de Sitabamba, La Libertad, 2021 [Título de Licenciatura]*. Universidad Privada de Trujillo. Obtenido de

<http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/460/TESIS%20CACHAY%20PUITIZA%20%20CHAVEZ%20MENACHO%20%20MARQUINA%20VALLES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Frida Gisela, O. U., & Maria Del Pilar, G. N. (2021). *Metodología de la Investigación, el proceso y sus técnicas*. México.

Garrido Murillo, V. J., & Montoya Correa, D. S. (2020). *Criterios de diseño, seguridad y operación geométrico en el diseño vertical de carreteras. Análisis comparativo*

entre los manuales del INVIAS (Colombia), Ministerio de Fomento (España) y AASHTO (EE.UU.) [Tesis de Licenciatura]. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. Obtenido

de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/24672?show=full>

Gobierno del Perú. (2019). Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad. Obtenido de

[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_privada/planes/PNIC\\_2019.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/planes/PNIC_2019.pdf)

Gobierno Regional de Apurímac. (2016). *Plan de Desarrollo Regional Concertado*

*Apurímac 2017-2021*. Obtenido de

<https://app.regionapurimac.gob.pe/transparencia/wp-content/uploads/2019/03/Plan%20de%20Desarrollo%20Regional%20Concertado%20Apurimac%202017-2021.pdf>

Grisales, J. C. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Colombia.

Instituto Nacional de Estadística e Información. (2017). *Sistema de Información Geográfica*. Obtenido de Sistema de Consulta de Centros Poblados:

<http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>

Instituto Nacional de Vías. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*.

Bogotá. Obtenido de

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/proyectos-de-norma/11313-manual-de-diseno-geometrico-de-carreteras-2008/file>

John Jairo, A. O. (2002). *Diseño Geométrico de Vías*. Medellín, Colombia. John Jairo,

P. H., Sara, C. A., & Laura, C. G. (2014). Consistencia en el diseño: predicción de la velocidad de operación en carreteras. Medellín, Colombia. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/276257817\\_Consistencia\\_en\\_el\\_diseño\\_predicción\\_de\\_la\\_velocidad\\_de\\_operación\\_en\\_carreteras](https://www.researchgate.net/publication/276257817_Consistencia_en_el_diseño_predicción_de_la_velocidad_de_operación_en_carreteras)

José, C. A. (2001). *Carreteras, Diseño Moderno*. Cajamarca, Perú.

- Latina, B. d. (2019). *Infraestructura en el Desarrollo de America Latina*. Obtenido de [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1465/IDEAL\\_2017-2018\\_Infraestructura\\_en\\_el\\_Desarrollo\\_de\\_Am%C3%A9rica\\_Latina\\_%28documento\\_principal%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1465/IDEAL_2017-2018_Infraestructura_en_el_Desarrollo_de_Am%C3%A9rica_Latina_%28documento_principal%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y).
- Lema, P. J. (2020). *Propuesta de un diseño geométrico vial para el mejoramiento de la movilidad en la comunidad de Calpaquí perteneciente a la provincia de Imbabura [Titulo de Licenciatura]*. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9219/1/113449.pdf>
- Ministerio de Obras Públicas. (2022). *Manual de Carreteras, instrucciones y criterios de diseño, Vol N° 03*. Santiago de Chile. Obtenido de [https://portal.ondac.com/601/articles-59868\\_doc\\_pdf.pdf](https://portal.ondac.com/601/articles-59868_doc_pdf.pdf)
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones Venezuela. (1997). *Normas para el Proyecto de Carreteras*. Caracas.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2012). *Norma para Estudios y Diseño Viales, NEVI-12*. Quito. Obtenido de [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI\\_12\\_VOLUMEN\\_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI_12_VOLUMEN_2A.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2012). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras DG-2018*. Lima. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documento](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documento)



s/ manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Municipalidad Provincial de Aymaraes. (2019). Plan Vial Provincial Participativo de Aymaraes (PVPP). Chalhuanca.

Naith Eliana, Q. A., & Diana Carolina, P. M. (2019). *Norma de Estandarización de Diseño Geométrico de Trochas Carrozables para Modificar la Norma del MTC a Través del Análisis de Estándares de otros Países*[Titulo de Licenciatura].

Universidad Ricardo Palma. Obtenido de

[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2612/CIV\\_QUISP E%20AQUINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2612/CIV_QUISP E%20AQUINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Oscar Franz, H. M., & Jamershon, P. H. (2023). Propuesta de parámetros para el diseño geométrico de trochas carrozables bajo el enfoque de seguridad activa y normas internacionales, aplicado a la carretera BalconcilloCruce SanAndrés, Cutervo[Titulo de Licenciatura]. Universidad de Piura. Obtenido de

[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/6034/ICI\\_2304.pdf?sequence=7](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/6034/ICI_2304.pdf?sequence=7)

Pinzón, J. A. (2021). Análisis de Seguridad y Señalización Vial a Partir de Parámetros de Diseño Geométrico para Vías Rurales [Titulo de Licenciatura]. Universidad de los Andes. Obtenido de

<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/55700> Piñella, E. T.

(2000). *Diseño de Carreteras*.

Querpon, M. H. (2020). Modelamiento Hidrológico e Hidráulico de Río Ñaupe para Determinar los Parámetros de Socavación y NAME del Nuevo Badén Querpon. Lima. Obtenido de

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4653/bece rra-pe%C3%B1a-miguel-angel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Roberto, H. S., Carlos, F. C., & Pilar, B. L. (2006). Metodología de la Investigación (Vol. IV). México. Obtenido de <http://187.191.86.244/rceis/registro/Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20SAMPLERI.pdf>
- Roberto, H. S., Carlos, F. C., & Pilar, B. L. (2014). Metodología de la Investigación (Vol.VI). Obtenido de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista%20Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Roman, F. J. (2022). Hidrología Superficial y Subterránea. Obtenido de <https://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>
- Rubén, Q. C., & Richar Jone, S. E. (2014). Diseño y controles geométricos de la carretera "Puente rio Alto Beni- Puente Cajon desvio Sapecho" Departamento La Paz - Provincia Sur Yungas[Tiulo de Licenciatura]. Obtenido de <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/10753>
- Salud, O. M. (2018). Global Status Report On Road Safety. Obtenido de [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14855:road-safety-in-the-region-of-the-americas-key-facts&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14855:road-safety-in-the-region-of-the-americas-key-facts&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0)
- Santiago, B. A., & Diego Paul, B. P. (2019). Propuesta de Diseño Geométrico en Perfil para Caminos de Bajo Volumen de Tránsito de la Provincia de Canta[Titulo de Licenciatura]. Universidad Ricardo Palma. Obtenido de [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2607/T30\\_72189027\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2607/T30_72189027_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (1969). Obtenido de <https://www.gob.pe/senamhi>

Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías. (2009).

texto único ordenado del reglamento nacional de tránsito - código de tránsito.

Lima. Obtenido de [https://www.sutran.gob.pe/wp-](https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/D_- NRO_016-2009-MTC_AL_05.05.14.pdf)

[content/uploads/2015/08/D\\_- NRO\\_016-2009-MTC\\_AL\\_05.05.14.pdf](https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/D_- NRO_016-2009-MTC_AL_05.05.14.pdf)

Teodocio, Q. Q. (2010). Diseño Geometrico del Mejoramiento Vial Umacha- Ambana-

Tramo II-Sector 4 [Titulo de Licenciatura]. Obtenido de

<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/10649>

Torres, R. D. (2023). *Aplicación del análisis estático no lineal en la determinación del*

*desempeño estructural del bloque II de las aulas inteligentes de la Universidad*

*Tecnológica de los Andes – 2021*. Abancay, Apurímac. Obtenido de

<https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/522/1/An%c3%a1lisis%20comp>

[arativo%20de%20la%20resistencia%20del%20concreto\\_Orellana%20Dami%](https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/522/1/An%c3%a1lisis%20comp)

[c3%a1n\\_Te%c3%b3filo.pdf](https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/522/1/An%c3%a1lisis%20comp)

Vialidad Nacional. (2010). Diseño Geometrico de Carreteras. Buenos Aires.

Villalaz, C. C. (1979). Vias de Comunicacion. Monterrey, Mexico. Wilde Renzo, R. H.,

&

Alexander Antonio, S. R. (2018). Propuesta deParámetros de Diseño Geométrico

Para Trochas Carrozables en la Norma DG – 2018 a Fin de Optimizar Costos

[Titulo de Licenciatura]. Universidad Ricardo Palma. Obtenido de

[https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2298/CIV\\_T030](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2298/CIV_T030)

[\\_72640311\\_T%20%20ROM%c3%81N%20HUACHO%20WILDE%20RE](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2298/CIV_T030)

[NZO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2298/CIV_T030)

William Edwin, M. S. (2021). *Influencia de las Características Geométricas de la*

*Carretera Catan-Yuracmarca del Distrito de Jesús, de la Provincia de*

*Cajamarca, en la Seguridad Vial [Titulo de Licenciatura]*. Universidad Nacional

de Cajamarca. Obtenido de

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4731>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina del repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica delos Andes.