



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**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**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Civil

**Oscar Franz Heredia Martínez
Jamershon Pérez Heredia**

**Asesor:
Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas**

Piura, marzo de 2023

NOMBRE DEL TRABAJO

**FIN_TESIS_Heredia Martinez Oscar^J Per
ez Heredia Jamershon.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

67774 Words

RECUENTO DE CARACTERES

283500 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

273 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

81.3MB

FECHA DE ENTREGA

Mar 7, 2023 3:56 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Mar 7, 2023 4:01 PM GMT-5**● 2% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

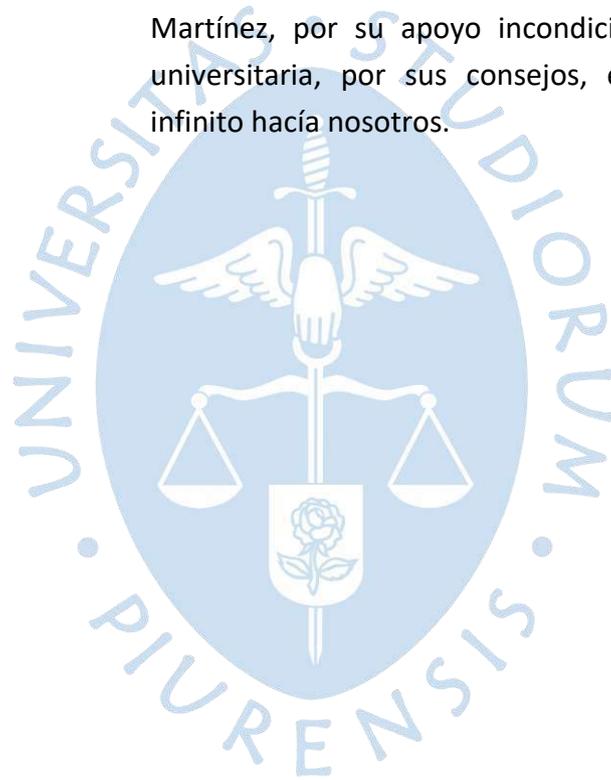
- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

Dedicatoria

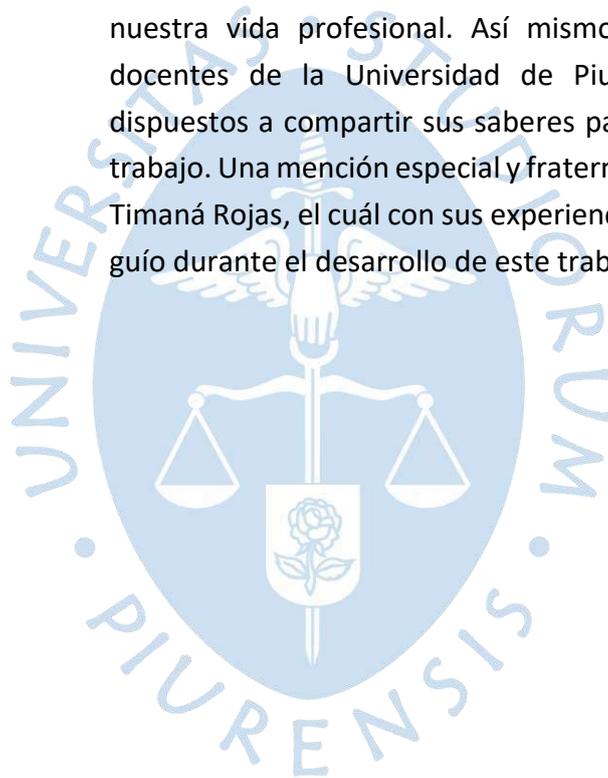
Este trabajo de investigación lo dedicamos a nuestros padres, Elver Perez, Milvia Heredia, Oscar Heredia y Olga Martínez, por su apoyo incondicional en nuestra etapa universitaria, por sus consejos, enseñanzas y su amor infinito hacia nosotros.





Agradecimientos

Agradecemos a Dios y a la Virgen María, por darnos la fuerza mental y espiritual necesaria para subir un peldaño más en nuestra vida profesional. Así mismo agradecer a nuestros docentes de la Universidad de Piura, por estar siempre dispuestos a compartir sus saberes para el desarrollo de este trabajo. Una mención especial y fraterna a nuestro asesor Jorge Timaná Rojas, el cuál con sus experiencias y conocimientos nos guío durante el desarrollo de este trabajo de investigación.





Resumen

La geometría de la vía influye directamente la seguridad de sus usuarios, ya que puede interferir en su comportamiento. Sin embargo, la normativa peruana vigente no brinda lineamientos para el diseño geométrico de trochas carrozables, a pesar de que son los tipos de vía más utilizados en el país.

Ante dicha brecha de seguridad vial, esta investigación propone parámetros básicos para el diseño geométrico de trochas carrozables bajo un enfoque de seguridad activa, es decir, el objetivo de la geometría vial es evitar accidentes. Los parámetros básicos son: radio mínimo de curvatura, peralte, sobreebanco, pendiente, curvas verticales, calzada, bombeo, bermas y distancia de visibilidad de parada, encuentro y adelantamiento.

Para cada uno de los parámetros básicos se examinaron antecedentes acerca de la influencia que estos tienen sobre los accidentes en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, donde se obtuvo un conjunto de gráficos que permiten visualizar la relación de tasa de accidentes con las dimensiones de cada parámetro, infiriendo así criterios de diseño geométrico para elegir las dimensiones más seguras.

Con los criterios obtenidos se realizó un análisis comparativo entre normativas internacionales como las de *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, *Australian Road Research Board (ARRB)* y *Ministry of Rural Rehabilitation and Development (MRRD)*. En este análisis comparativo también se consideró el Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT) del Perú, que fue derogada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el 2014. Y a partir de este análisis comparativo se adoptaron las recomendaciones más adecuadas para el diseño de trochas carrozables enfocándose siempre en la seguridad activa. En adelante a estas recomendaciones se les llamará parámetros recomendados para trochas carrozables (PRTC).

Para validar los PRTC se evaluó el camino vecinal Balconcillo- Sahiundo - San Andrés, ubicado en el distrito de Querocotillo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. Al evaluar dicho camino bajo los criterios del PRTC y carreteras de tercera clase del Manual de diseño geométrico de carreteras (Manual DG 2018), se observaron deficiencias en la geometría original, pues su diseño buscó que el trazo de la carretera siga el relieve del terreno. Además,

se observó que los criterios de carreteras de tercera clase sobredimensionan las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Debido a deficiencias de seguridad en la geometría original del proyecto se elaboró un nuevo diseño geométrico siguiendo los parámetros del PRTC. Al comparar los presupuestos de movimientos de tierra de la geometría original y la nueva, se obtuvo que la primera presenta menor presupuesto; pero sacrifica la seguridad de los usuarios e incrementa el costo de mantenimiento, ya que su geometría no es capaz de mantener la estabilidad de la capa de rodadura. Por lo tanto, además de proponer parámetros mínimos para garantizar la seguridad de los usuarios en las trochas carrozables, se recomienda realizar un análisis costo – beneficio en la etapa de diseño para determinar una geometría equilibrada entre el costo de construcción, mantenimiento y frecuencia de accidentes.



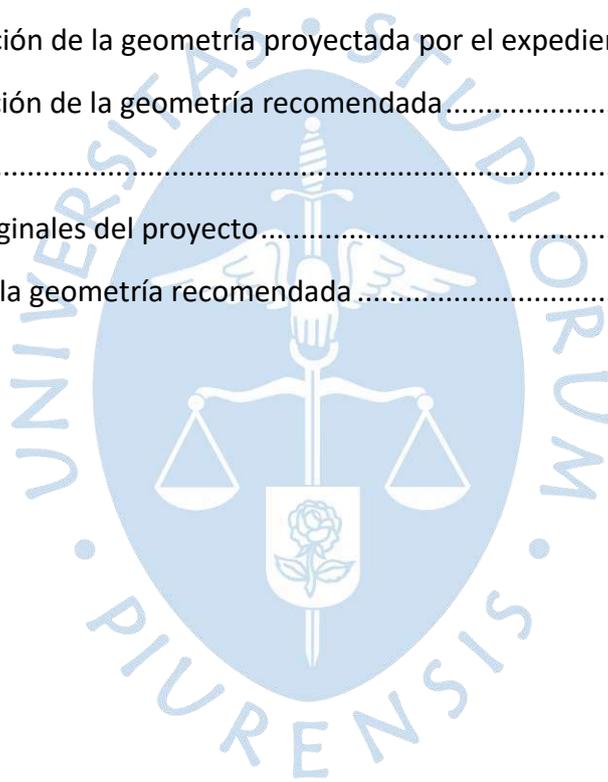
Tabla de contenido

Introducción	21
Capítulo 1 Descripción general	23
1.1 Justificación	23
1.2 Antecedentes.....	24
1.3 Objetivos.....	26
1.3.1 Objetivo General.....	26
1.3.2 Objetivos Específicos	26
1.4 Metodología	26
Capítulo 2 Marco teórico.....	29
2.1 Definición de trochas carrozables	29
2.2 Construcción de trochas carrozables	29
2.2.1 Trochas carrozables de afirmado.....	30
2.2.2 Trochas carrozables a base de soluciones básicas	31
2.3 Nociones teóricas para el diseño geométrico de trochas carrozables.....	31
2.4 Influencia de los elementos geométricos de la carretera en la seguridad vial.....	32
2.4.1 Tasa de accidentes en carreteras pavimentadas y no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.....	32
2.4.2 Tasa de accidentes vs ancho de carril y berma en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.....	35
2.4.3 Tasa de accidentes vs pendientes en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.....	38
2.4.4 Tasa de accidentes vs radio mínimo de curva horizontal, longitud de curva vertical y bombeo en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.....	39

Capítulo 3 Diseño geométrico de trochas carrozables	43
3.1 Parámetros básicos de diseño geométrico de trochas carrozables.....	43
3.1.1 Sección transversal	43
3.1.2 Alineamiento horizontal	44
3.1.3 Alineamiento vertical.....	44
3.1.4 Plazoletas de cruce	44
3.2 Recomendaciones del Manual DG 2018 del MTC para carreteras de tercera clase.....	47
3.2.1 Clasificación de carreteras en función de la orografía	47
3.2.2 Clasificación por demanda.....	47
3.2.3 Vehículo de diseño.....	47
3.2.4 Velocidad de diseño.....	47
3.2.5 Sección transversal	48
3.2.6 Alineamiento horizontal	49
3.2.7 Alineamiento vertical.....	63
3.3 Recomendaciones del MDCNPBVT del MTC para el diseño de trochas carrozables.....	68
3.3.1 Sección transversal	70
3.3.2 Alineamiento horizontal	71
3.3.3 Alineamiento vertical.....	75
3.3.4 Plazoletas de cruce	76
3.4 Recomendaciones del VLVL de AASHTO para trochas carrozables.....	76
3.4.1 Sección transversal	78
3.4.2 Alineamiento horizontal	79
3.4.3 Alineamiento vertical.....	84
3.4.4 Plazoletas de cruce	85
3.5 Unsealed roads best practice guide 2 de ARRB.....	85
3.5.1 Sección transversal	90
3.5.2 Alineamiento horizontal	90
3.5.3 Alineamiento vertical.....	98
3.5.4 Plazoleta de cruce.....	101
3.6 LVRR de MRRD.....	101

3.6.1 Sección transversal	103
3.6.2 Alineamiento horizontal	104
3.6.3 Alineamiento vertical.....	111
3.6.4 Plazoletas de cruce	112
Capítulo 4 Análisis comparativo y desarrollo de recomendaciones al manual peruano.....	115
4.1 Sección transversal	115
4.2 Alineamiento horizontal	120
4.2.1 Radio mínimo de curva horizontal.....	120
4.2.2 Peralte.....	121
4.2.3 Sobreancho	123
4.2.4 Distancia de visibilidad.....	123
4.3 Alineamiento vertical.....	125
4.3.1 Pendiente.....	125
4.3.2 Curvas verticales.....	126
4.4 Resumen de parámetros recomendados.....	127
Capítulo 5 Validación de los parámetros recomendados para trochas carrozables o PRTC .	133
5.1 Datos del proyecto	133
5.1.1 Ubicación geográfica.....	134
5.1.2 Clima	136
5.1.3 Población y estado actual de la vía.....	137
5.1.4 Estudio de tráfico	138
5.1.5 Características geométricas de la vía proyectada	138
5.2 Fase 1: evaluación de la geometría del proyecto bajo el PRTC y el Manual DG 2018.	138
5.2.1 Diseño geométrico del proyecto según el Manual-DG 2018.....	139
5.2.2 Diseño geométrico del proyecto según el PRTC.....	143
5.2.3 Evaluación de la sección transversal del proyecto original	146
5.2.4 Evaluación de la geometría horizontal del proyecto original	149
5.2.5 Evaluación de la geometría vertical del proyecto original	156
5.2.6 Evaluación la coordinación de geometría horizontal y vertical.....	163
5.3 Fase 2: elaboración de propuesta de diseño geométrico al proyecto original.....	163

5.3.1 Clasificación orográfica	163
5.3.2 Parámetros de diseño geométrico	164
5.3.3 Principales modificaciones realizadas al trazo de la geometría	168
5.3.4 Evaluación de la seguridad vial de la geometría propuesta	185
5.3.5 Comparación de presupuesto en la partida de movimiento de tierras.	193
Conclusiones.....	195
Recomendaciones	197
Referencias bibliográficas	199
Apéndices	203
Apéndice A. Evaluación de la geometría proyectada por el expediente original	205
Apéndice B. Evaluación de la geometría recomendada.....	232
Planos	251
Planos A. Planos originales del proyecto.....	253
Planos B. Planos de la geometría recomendada	269



Lista de tablas

Tabla 1. Parámetros geométricos para carreteras con IMDA < 50veh/día	35
Tabla 2. Velocidad de diseño.....	47
Tabla 3. Anchos mínimos de calzada para carreteras de tercera clase	48
Tabla 4. Bombeo mínimo	48
Tabla 5. Ancho de berma mínimos para carreteras de tercera clase, en metros.....	49
Tabla 6. Radios mínimos para carreteras de tercera clase	50
Tabla 7. Peralte máximo.....	50
Tabla 8. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo.....	51
Tabla 9. Radios máximos de curva horizontal que permiten prescindir de curvas de transición en carreteras de tercera clase.....	53
Tabla 10. Proporción del peralte (p) a desarrollar en tangente	53
Tabla 11. Distancia de parada para pendientes de 0% a 3%	57
Tabla 12. Distancia de parada para pendientes mayores a 3%	58
Tabla 13. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento.....	62
Tabla 14. Porcentaje de carreteras con visibilidad adecuada.....	62
Tabla 15. Pendientes máximas para carreteras de tercera clase, %.....	64
Tabla 16. Valores de K para el cálculo de longitud de curva vertical convexa	67
Tabla 17. Valores de K para el cálculo de longitud de curva vertical cóncava.....	68
Tabla 18. Características básicas de BVT.....	70
Tabla 19. Ancho mínimo de la calzada, m.....	71
Tabla 20. Radios mínimos y peraltes máximos	72
Tabla 21. Longitudes mínimas de transición de peralte y bombeo	73

Tabla 22. Sobreancho requerido en curvas circulares	73
Tabla 23. Distancia de parada, m	74
Tabla 24. Distancia de visibilidad de adelantamiento.....	75
Tabla 25. Pendientes máximas.....	75
Tabla 26. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa	76
Tabla 27. Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava	76
Tabla 28. Ancho mínimo de calzada.....	78
Tabla 29. Coeficientes de tracción de la superficie de rodadura.....	79
Tabla 30. Radios máximos para el uso de curvas de transición.....	80
Tabla 31. Casos de distancia de parada	82
Tabla 32. Reducción de la velocidad de diseño para IMDA < 250 veh/día, en cálculo de la distancia de parada	83
Tabla 33. Clasificación de caminos rurales.....	88
Tabla 34. Criterios de diseño geométrico para carreteras no pavimentadas.....	89
Tabla 35. Coeficiente de fricción en función de la velocidad.....	91
Tabla 36. Sobreancho para vehículos tipo camión (semirremolque).....	94
Tabla 37. Coeficiente de desaceleración para automóviles.....	95
Tabla 38. Coeficientes de desaceleración para camiones	96
Tabla 39. Valores de índices de curvatura	99
Tabla 40. Sistema de clasificación funcional de carreteras	102
Tabla 41. Vehículos de diseño para carreteras de bajo volumen de tránsito, m	103
Tabla 42. Criterios para definir el tipo de carretera y la velocidad de diseño máxima	103
Tabla 43. Parámetros de diseño geométrico de la sección transversal.....	104
Tabla 44. Radio mínimo para carreteras sin pavimentar	105
Tabla 45. Longitud de transición de peralte y bombeo	108
Tabla 46. Sobreanchos en curvas horizontales	108
Tabla 47. Distancia de parada mínima para carreteras sin pavimentar y orografía plana	109
Tabla 48. Distancia de adelantamiento para permitir el aborto seguro de la misma	111
Tabla 49. Longitud de tramo máxima por cada oportunidad de adelantamiento, m	111
Tabla 50. Valores de K para curvas cóncavas en carreteras sin pavimentar	112

Tabla 51. Comparación de parámetros de la sección transversal	118
Tabla 52. Parámetros recomendados para el diseño geométrico de la sección transversal	119
Tabla 53. Coeficientes de fricción lateral recomendados.....	121
Tabla 54. Comparación de peraltes máximos	121
Tabla 55. Comparación de sobreechamientos bajo un ancho de calzada de 6 m, velocidad de 30 km/h, radios menores a 80 m y vehículos tipo bus (ver Tabla 41)	123
Tabla 56. Comparación de pendientes.....	125
Tabla 57. Parámetros recomendados para la pendiente.....	126
Tabla 58. Resumen de los parámetros recomendados para trochas carrozables (PRTC)	128
Tabla 59. Población beneficiaria	137
Tabla 60. Proyección de población beneficiaria al año 2022.....	137
Tabla 61. Tráfico de diseño o IMDA, veh/día	138
Tabla 62. Características geométricas de la vía proyectada	138
Tabla 63. Dimensiones del vehículo de diseño	140
Tabla 64. Resumen de parámetros geométricos según el Manual DG 2018.....	143
Tabla 65. Resumen de parámetros geométricos según los PRTC.....	146
Tabla 66. Evaluación de la sección transversal proyectada en expediente técnico	148
Tabla 67. Evaluación del peralte, radio de curvatura horizontal y sobreechamiento – parte 1.....	151
Tabla 68. Evaluación de longitudes de transición de peralte y bombeo – parte 1.....	153
Tabla 69. Verificación de distancias de visibilidad del proyecto original - parte 1.....	156
Tabla 70. Verificación de factores K mínimos de curvas convexas y pendientes	158
Tabla 71. Verificación de factores K mínimos de curvas cóncavas y pendientes	159
Tabla 72. Casos más críticos de alta pendiente encontrados en la geometría del proyecto original.....	160
Tabla 73. Parámetros recomendados para el proyecto.....	165
Tabla 74. Modificaciones al trazo original.....	169
Tabla 75. Evaluación elementos geométricos de la sección transversal propuesta.....	185
Tabla 76. Evaluación del peralte, radio de curvatura horizontal y sobreechamiento	186
Tabla 77. Evaluación de longitudes de transición de peralte y bombeo	188
Tabla 78. Verificación de distancias de visibilidad en geometría recomendada – parte 1....	191

Tabla 79. Verificación de factores K mínimos de curvas convexas y pendientes	192
Tabla 80. Verificación de factores K mínimos de curvas cóncavas y pendientes	192
Tabla 81. Verificación de coordinación de curva verticales y horizontales	193
Tabla 82. Comparación de presupuestos de corte y relleno	193



Lista de figuras

Figura 1. Red vial peruana.....	30
Figura 2. Diferencia de tasa de accidentes entre las vías pavimentadas y no pavimentadas observadas en Estados Unidos.....	33
Figura 3. Cambio de tasa de accidentes al pavimentar las vías observadas en Nueva Zelanda	34
Figura 4. Tasa de accidentes por ancho total (carriles más bermas) de carreteras no pavimentadas observadas en Minnesota	36
Figura 5. Tasa de choques por ancho de carril (<i>lane width</i>) y tasa de choques por ancho de berma (<i>shoulder width</i>), en las carreteras pavimentadas observadas en Oregón.....	37
Figura 6. Tasa de accidentes vs pendientes en carreteras no pavimentadas observadas en Estados Unidos	38
Figura 7. Tasa de choques vs grado de curvatura horizontal de las carreteras pavimentadas observadas en Oregón	39
Figura 8. Tasa de accidentes vs longitud de curvas verticales de las carreteras pavimentadas observadas en Oregón	40
Figura 9. Tasa de accidentes vs bombeo en las carreteras pavimentadas observadas en Lousiana.....	41
Figura 10. Elemento de una carretera según el Manual DG 2018.....	46
Figura 11. Sobreancho en las curvas.....	55
Figura 12. Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas en planta	59
Figura 13. Distancia de adelantamiento	63
Figura 14. Esquema de curva convexa en función de la distancia de parada.....	65
Figura 15. Esquema de curva convexa en función de la distancia de adelantamiento	66
Figura 16. Esquema de curvas cóncavas	68

Figura 17. Línea de visión horizontal.....	83
Figura 18. Carretera tipo 4A tipo no pavimentada	86
Figura 19. Carretera 4B no pavimentadas	86
Figura 20. Carretera 4C no pavimentada	87
Figura 21. Carretera 4D no pavimentada.....	87
Figura 22. Desarrollo de peraltes	93
Figura 23. Sobreancho en curvas horizontales	94
Figura 24. Distancia visual de parada en curva horizontal.....	97
Figura 25. Elementos de la sección transversal	104
Figura 26. Relación adecuada entre radios de curvas compuestas	106
Figura 27. Coordinación adecuada de curvas verticales y horizontales	107
Figura 28. Descoordinación de curvas verticales y horizontales	107
Figura 29. Distancia visual en curvas horizontales.....	110
Figura 30. Comparación de coeficientes de fricción lateral para grava, roca o tierra en condición mojada	120
Figura 31. Comparación de longitud de transición, en base a un bombeo de 5 % y un ancho de calzada de 6 m.....	122
Figura 32. Distancia visual de adelantamiento.....	124
Figura 33. Relación entre grado de influencia de h1 y h2 sobre la longitud de curva vertical convexa.....	127
Figura 34. Localización del proyecto en los distintos niveles políticos	135
Figura 35. Imagen satelital del trazo proyectado de la vía	136
Figura 36. Precipitación máxima por año	136
Figura 37. Análisis orográfico de la carretera evaluada	139
Figura 38. Sección típica de trocha carrozable del proyecto original	147
Figura 39. Sección típica de trocha carrozable en tramo curvo.....	148
Figura 40. Verificación de longitudes de transición bajo de la longitud de tramo recto.....	153
Figura 41. Curvas simples PI 16, 17 y 18, forman curva compuesta según MRRD (2020).....	154
Figura 42. Evaluación orográfica del trazo propuesto	164
Figura 43. Sección típica recomendada en tramo recto	166

Figura 44. Sección típica recomendada en tramo recto con plazoleta.....	166
Figura 45. Sección típica recomendada en tramo curvo.....	167
Figura 46. Detalle en planta de plazoletas y sus progresivas de ubicación	167
Figura 47. Curvas compuestas en la geometría propuesta.....	190





Introducción

Los accidentes de tránsito actualmente son el detonante principal de muertes y lesiones de jóvenes, por tal motivo la Asamblea General de las Naciones Unidas formuló una segunda década de acción para la seguridad vial 2021 – 2030, en la que se destaca la definición de una infraestructura vial que asegure la seguridad de sus usuarios. En consecuencia, varios países han comenzado a lanzar versiones actualizadas de sus manuales de diseño de carreteras, no siendo la excepción los manuales de diseño geométrico de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Dentro del ámbito peruano se reconoce que la seguridad vial depende del factor humano, factor vehículo y el factor infraestructura. En el factor de infraestructura vial, el país presenta manuales dedicados al diseño geométrico de carreteras según sea el tipo de vía, a excepción de trochas carrozables, que a pesar de representar más del 50% de las vías construidas en el país, no se cuenta con especificaciones para su diseño, lo cual indica un déficit de seguridad vial en el Perú.

Este trabajo busca atender a la necesidad presentada en el Perú, donde el factor determinante será la inclusión de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables bajo un enfoque de seguridad activa. De esta manera se espera mejorar en los siguientes aspectos: reducción de la accidentalidad en el Perú, dar una guía de diseño a los proyectistas, parametrizar y/o clasificar a las trochas carrozables de tal forma que el registro de accidentes en este tipo de vías sea contabilizado, para posibles reajustes futuros al diseño geométrico de trochas.

Este trabajo de investigación puede servir como una primera propuesta a la definición de parámetros geométricos mínimos para el diseño de trochas carrozables. Además, las recomendaciones obtenidas de la validación de la propuesta realizada al camino vecinal Balconcillo- Sahiundo - San Andrés, ubicado en el distrito de Querocotillo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca pueden ser consideradas para la mejora de dicho proyecto previo a su construcción o puede servir como referencia para aquellos que quieran proyectar trochas carrozables bajo criterios normativos actualizados.



Capítulo 1

Descripción general

1.1 Justificación

La geometría de la carretera juega un papel muy importante en la seguridad vial, por ejemplo, en carreteras de bajas velocidades (menores a 20 km/h) se deben evitar radios de curvatura horizontal pequeños para reducir la probabilidad de vuelco en vehículos grandes como los camiones y buses (AASHTO, 2019).

Las trochas carrozables representan el 60 % de toda la infraestructura vial construida en el Perú (MTC, 2018), sin embargo, el Manual DG 2018 solo las define como caminos transitables que no alcanzan las características geométricas de una carretera, con un índice medio diario anual (IMDA) menor a 200 veh/día y un ancho mínimo de calzada de 4 m, además, la superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

Frente a una normativa que no detalla las características de diseño geométrico de trochas carrozables, los proyectistas siguen el criterio de consistencia recomendado por el Manual de seguridad vial (MSV; MTC, 2017), el cual se basa en que ante la ausencia de criterios de seguridad vial se debe buscar soluciones similares a circunstancias similares. Diseñando así, estas vías, como carreteras de tercera clase o siguiendo las recomendaciones dadas por el MDCNPBVT.

Con los parámetros recomendados por el MDCNPBVT (MTC, 2008) solo se pueden diseñar trochas carrozables de IMDA menor o igual a 50 veh/día y superficie de rodadura de afirmado. No obstante, dichos parámetros no fueron consideradas por el Manual DG 2013 aun cuando la Resolución Ministerial N° 137-2014-MTC/02 (resolución que deroga al MDCNPBVT) indica que el Manual DG 2013 comprende todos los conceptos, procedimientos y documentación técnica del manual derogado, además, dicha resolución no brinda recomendaciones adicionales para el diseño geométrico de trochas carrozables. Cabe mencionar que la última versión del manual de carreteras (Manual DG 2018), permanece sin cambios en lo concerniente a las trochas carrozables, respecto a lo mencionado en el Manual DG 2013.

Las carreteras de tercera clase son definidas como vías de dos carriles de 3 m de ancho (valor mínimo) cada uno con IMDA menor a 400 veh/día y con superficie de rodadura a base de soluciones básicas (uso de estabilizadores de suelo o emulsiones asfálticas) o afirmado (MTC, 2018), por lo que diseñar las trochas carrozables como carreteras de tercera clase llevaría a un sobredimensionamiento y a presentar problemas de seguridad vial. Trochas con IMDA menor a 50 veh/día que podrían ser diseñadas con el MDCNPBVT, son diseñadas para un IMDA de 400 veh/día, es decir, 8 veces mayor al dimensionamiento necesario, además, las velocidades de operación que en estas se presentan no deben ser elevadas, ya que ante un encuentro entre vehículos no se tiene la posibilidad de moverse a un carril alternativo, cosa que sí ocurre en una carretera de tercera clase, lo que incrementa el riesgo de accidentes.

En virtud de lo anterior, solo el MDCNPBVT desarrolla de manera adecuada parte del diseño de las trochas carrozables, haciendo necesario la implementación de parámetros adicionales que consideren en diseño la seguridad de los usuarios. Para ello, el MSV (MTC, 2017) recomienda el uso de medidas de seguridad activa basadas en la implementación de medidas de prevención de accidentes de tránsito, como el diseño adecuado de la geometría de la carretera, lo que requiere el conocimiento de las relaciones entre los componentes geométricos y la tasa de accidentes; las mismas que permiten tomar las acciones correctivas más acordes con la seguridad vial.

1.2 Antecedentes

Román y Saldaña (2019) al comparar parámetros de diseño geométrico presentes en los manuales *Overseas road note #6, Guidelines for geometric design of very low-volume local roads (ADT <400)*, MDCNPBVT del año 2005 y 2008; obtuvieron parámetros de diseño geométrico para la sección transversal de trochas carrozables, que unidos a la utilización de superficies de rodadura con afirmado pueden optimizar los costos de construcción y mantenimiento de dichas carreteras.

La investigación antes descrita no desarrolla todos los parámetros básicos para el diseño geométrico de trochas carrozables, debido a que los componentes geométricos básicos de una carretera contemplan el diseño: en planta (radio de curvatura horizontal, línea de visibilidad horizontal, distancia de parada y distancia de adelantamiento), en perfil (pendiente longitudinal, curvas convexas y curvas cóncavas) y en la sección transversal (ancho de calzada, bermas y bombeo). Es por eso, que la presente tesis recomienda parámetros geométricos para el diseño de dichos componentes aplicables a trochas carrozables.

Las carreteras afirmadas tienen una superficie de rodadura conformada por material granular (con gradación específica) compactado y las carreteras sin afirmar son las que se deja a nivel de subrasante o aquella cuando la superficie de rodadura pierde el afirmado (MTC, 2018). Tradicionalmente, las carreteras no pavimentadas se diseñan con una capa de rodadura de afirmado (que también actúa como una capa base), lo que conlleva ciertas limitaciones como la escasez de afirmado (como la selva), mayores costos de mantenimiento (las vías de

afirmado requieren mantenimientos periódicos cada 8 meses, mientras que las vías a base de soluciones básicas los requiere cada 5 años), reducción de serviciabilidad de la vía (en muchos casos hay ausencia de mantenimientos periódicos, por lo que las vías afirmadas y aún más las sin afirmar, brindan una mala serviciabilidad, aumentando el costo de transporte y con ello se reduce el desarrollo de las comunidades peruanas); es por ello que Zavala (2020) recomienda, de manera alternativa, la utilización de soluciones básicas para la capa de rodadura.

Este antecedente muestra el paso de la utilización del afirmado como material típico para la capa de rodadura a otros materiales. Entonces, como la geometría de la vía depende de la superficie de rodadura, es necesario considerar las características de materiales distintos al afirmado.

Balbín y Baldeón (2019) afirman, que al no tener información actualizada sobre los parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables los proyectistas seguirán diseñando estas vías como carreteras de tercera clase, lo cual implicaría realizar diseños geométricos inadecuados con un mayor costo de construcción. Esto fortalece la idea de proponer parámetros de diseño geométrico exclusivamente para trochas carrozables, y de esta manera, tratar de evitar el sobre dimensionamiento y sobre costo en la construcción de trochas carrozables.

Quispe y Poma (2019) tras la comparación de manuales internacionales para el diseño geométrico de carreteras de países sudamericanos (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia, Paraguay y Brasil) y países de otros continentes (Etiopía, Australia y Estados Unidos) con el Manual DG 2018, propusieron parámetros de diseño geométrico para la trocha en estudio (TRAMO 01- Emp. AP-112 (Almaccasa) – Yanarico – Distrito de Huayllati – Grau – Apurímac), específicamente en el diseño de la sección transversal, el alineamiento horizontal y alineamiento vertical, para así garantizar la seguridad vial requerida por la carretera. Así mismo, García y Jacinto (2021) al elaborar un análisis comparativo de los parámetros de diseño geométrico presentes en las normativas de Inglaterra y Estados Unidos, optimizaron los parámetros de diseño geométrico presentes en el Manual DG 2018; dichos parámetros fueron desarrollados solo para la aplicación del diseño geométrico de la trocha carrozable nominada camino vecinal Pi-119, Trayectoria: Emp.Pe -1nm Surpampa –Oxahuay (Ayabaca), con la finalidad de obtener una mayor comodidad y seguridad vial en el proyecto.

Las dos investigaciones antes mencionadas brindan recomendaciones de parámetros de diseño geométrico que solo son aplicables a los proyectos objeto de estudio. Por ello, esta investigación propone parámetros de diseño geométrico aplicables a cualquier zona en estudio. Para lograr este objetivo se analizaron los parámetros de manuales enfocados a carreteras de bajo volumen de tránsito no pavimentadas pues abarcan a las trochas carrozables, los cuales son: *Guidelines for geometric design of low-volume roads* (VLVLR) de AASHTO, *Unsealed roads best practice guide 2* de ARRB y *Low volume rural roads guideline and standards - volume 2 - geometric design and road safety* (LVRR) de MRRD.

Posterior al análisis se aplican, como validación, los parámetros de diseño geométrico recomendados al camino vecinal Balconcillo- Sahiundo - San Andrés, ubicado en el distrito de Querocotillo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Definir parámetros para el diseño geométrico de trochas carrozables bajo el enfoque de seguridad activa.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar y comparar las normativas: MDCNPBVT, VLVL, *Unsealed roads best practice guide 2* y LVRR bajo criterios de seguridad activa.
- Elaborar parámetros para el diseño geométrico aplicables a trochas carrozables.
- Validación de la propuesta de los parámetros recomendados al camino vecinal Balconcillo - Sahiundo - Cruce San Andrés, del distrito de Querocotillo, provincia de Cutervo, Cajamarca; a través de las recomendaciones dadas en esta investigación.

1.4 Metodología

Se definieron las características básicas de trochas carrozables según el Manual DG 2018, luego de esto se revisaron los manuales MDCNPBVT, VLVL, *Unsealed roads best practice guide 2* y LVRR para analizar y seleccionar sus parámetros de diseño geométrico (ancho de calzada, bermas, bombeo, radio de curvatura horizontal, línea de visibilidad horizontal, distancia de parada, distancia de adelantamiento, pendiente longitudinal, curvas convexas y curvas cóncavas) aplicables a trochas carrozables.

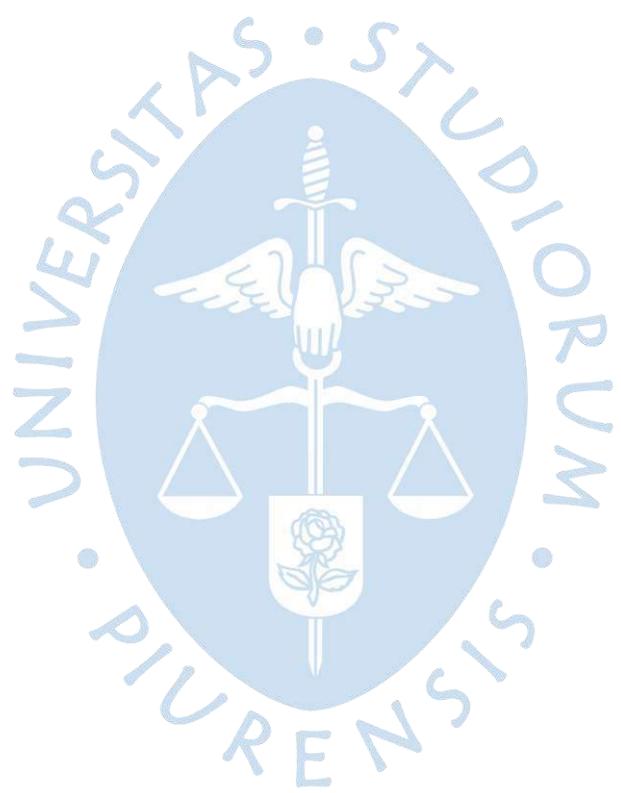
Posteriormente, como parte de la seguridad activa, se estudió la relación que cada parámetro tiene con la tasa de accidentes. Para ello se recurrió al MSV y artículos de investigación, analizando dicha relación a través de gráficos estadísticos.

A continuación, se elaboraron tablas y gráficos de variables cuantitativas para facilitar el análisis comparativo de los parámetros de diseño geométrico de los manuales analizados y evaluarlos en base a criterios de seguridad vial anteriormente inferidos de los gráficos estadísticos. A partir de lo anterior, se consolidaron los parámetros que cumplan dicha evaluación en un cuadro resumen, obteniendo así, la propuesta para trochas carrozables bajo el enfoque de seguridad activa, los mismos que podrán ser aplicados a cualquier zona de estudio.

Luego de ello, se aplicaron los parámetros recomendados al camino vecinal Balconcillo- Sahiundo- San Andrés, cuyo expediente técnico fue elaborado por la Municipalidad Provincial de Cutervo, Cajamarca. Para ello, se describen los datos generales

del proyecto, el estudio de tráfico y los parámetros de diseño geométrico proyectados en dicho expediente. Seguidamente, se realiza una comparación de los parámetros propuestos, los parámetros de carreteras de tercera clase presentes en el Manual DG 2018, y los parámetros establecidos en el proyecto. Por último, se elabora un plano con las recomendaciones geométricas necesarias para el mejoramiento del diseño geométrico del camino vecinal evaluado, utilizando el *software AutoCAD civil 3D*.





Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Definición de trochas carrozables

Según el MTC (2018), son vías transitables que tienen un IMDA menor a 200 veh/día, con un ancho mínimo de calzada de 4.00 m, construida con plazoletas de cruce cada 500 m y pueden ser afirmadas o no.

Las trochas carrozables pertenecen a caminos sin pavimentar, que según el MTC (2018) se clasifican en:

- Caminos de tierra: suelo natural mejorado con agregado grueso.
- Caminos de grava (lastrado): lámina de revestimiento con pétreos naturales, de diámetro máximo 75mm.
- Caminos afirmados: lámina de revestimiento con una dosificación de agregados (piedra, arena y finos o arcilla) de diámetro máximo 2.5 cm. Este tipo de caminos se clasifican en: afirmados de grava natural o tamizado y afirmados con gravas seleccionadas mediante chancado.
- Caminos afirmados estabilizados con material industrial: afirmados con agregado grueso estabilizado con asfalto, cemento, cal, etc., y suelos estabilizados con materiales granulares y ligantes finos, asfalto, etc.

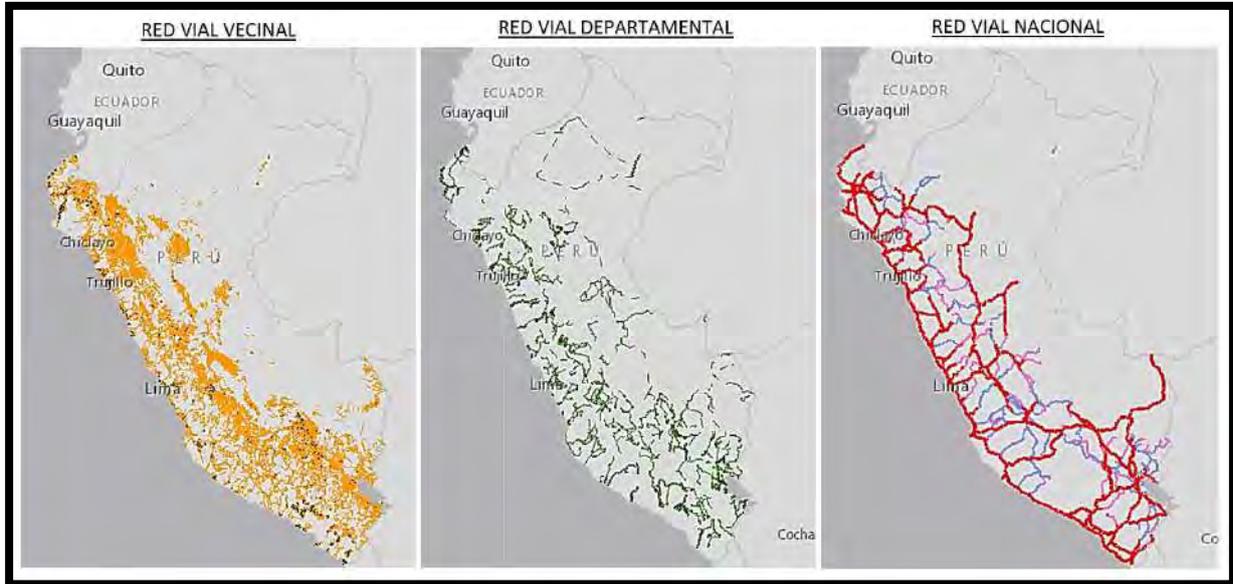
2.2 Construcción de trochas carrozables

Las trochas carrozables sirven para unir centros poblados y caseríos, soportan bajo tránsito vehicular y son construidos comúnmente a nivel de afirmado (Chang, 2011). Este tipo de carreteras son muy importantes para el desarrollo económico entre pequeños pueblos aledaños que necesiten una conexión para facilitar el comercio y/o intercambio de sus productos agrícolas.

De acuerdo con el mapa interactivo de Provias Nacional (2022) las redes viales: vecinal, departamental y nacional están concentradas en las regiones de la costa y sierra, mostrando ausencia de vías en la selva peruana (ver Figura 1), lo cual se debe principalmente a la ausencia de afirmado en dicha región. Debido a esto Zavala (2020) recomienda de manera alternativa

al afirmado, la utilización de soluciones básicas, para así, apoyar al desarrollo económico de la mencionada región.

Figura 1. Red vial peruana



Nota. Adaptado de Provias Nacional (2022).

Considerando lo antes indicado, en la actualidad las trochas carrozables se vienen construyendo a base de dos materiales, los mismos que representan el factor esencial para determinar: la duración transitoria de la trocha y el nivel de serviciabilidad de la vía (Pastor, C, 2013).

2.2.1 Trochas carrozables de afirmado

El afirmado es un material granular natural o procesado, bajo una gradación específica. Para garantizar la durabilidad del afirmado, el MTC (2014) recomienda tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Susceptibilidad a la compactación.
- Coeficiente de rozamiento suficiente para la rodadura.
- Durabilidad en condiciones húmedas y secas.
- Propiedades adhesivas.
- Adecuada capacidad de absorción.
- Alto esfuerzo permisible.
- Resistencia a la erosión.

2.2.2 Trochas carrozables a base de soluciones básicas

El MTC (2015) indica que las soluciones básicas sirven para mejorar la vida útil y el nivel del servicio dada por la capa de rodadura en vías no pavimentadas, considerando suelo estabilizado principalmente con:

- Cementos.
- Emulsiones asfálticas.
- Cal.
- Sales.
- Productos químicos como los polímeros, las enzimas, etc.

2.3 Nociones teóricas para el diseño geométrico de trochas carrozables

Para el desarrollo de esta investigación se tendrá como referencia la terminología usada en el Manual DG 2018, debido a que es la norma local y la misma que se busca mejorar. Los términos de interés son:

- Berma: es la franja paralela a la calzada, que confina la capa de rodadura, además, sirve como estacionamiento de emergencia.
- Calzada: superficie de rodadura de los vehículos y está formada por carriles.
- Carretera: camino que sirve para la circulación de vehículos de dos ejes como mínimo, además, sus características geométricas siguen las normas del MTC. Sus elementos básicos son: calzada, bermas, taludes, sistema de drenaje y obras complementarias.
- Derecho de vía: zona de terreno que comprende la carretera, sus diversos componentes y áreas para ensanches futuros. Esta no limita obras que buscan controlar flujos de ríos, quebradas u otros.
- Obras complementarias: muros, elementos de señalización o control de tránsito inteligente, ductos para fibra óptica, etc.
- Sistema de drenaje: obras de arte que buscan controlar flujos de agua como cunetas, alcantarillas, etc.
- Sección transversal: es cualquier plano perpendicular al eje de la vía, que muestra la geometría de la vía dentro del derecho de vía. De esta se hacen notar dos tipos: la sección transversal general que es la conformada por los elementos de la carretera, y la sección transversal especial que da soluciones a situaciones específicas como puentes, túneles, etc.
- Talud: superficie inclinada dejada en el proceso de movimiento de tierra, al momento de conformar la carretera.
- Tramos homogéneos: zonas en lo largo de la carretera con condiciones orográficas similares, las cuales son diseñadas bajo la misma velocidad.

- Velocidad de diseño: es la utilizada por el proyectista para definir las dimensiones de cada elemento geométrico que compone una carretera.
- Velocidad de operación: velocidad máxima de circulación de los vehículos, la misma que es menor a la velocidad de diseño.

2.4 Influencia de los elementos geométricos de la carretera en la seguridad vial

La Organización Mundial de la Salud (2021) indica que los accidentes de tránsito provocan alrededor de 1.3 millones de muertes evitables y aproximadamente 50 millones de lesiones por año, convirtiéndose en el principal causante de decesos de jóvenes en todo el mundo, donde las naciones más afectadas son las de recursos bajos y medianos. Ante esto, bajo la resolución 74/299 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, todas las naciones del mundo declararon una segunda década de acción para la seguridad vial 2021 – 2030, con el fin de disminuir al menos al 50% las muertes y lesiones en las vías de transporte motorizado.

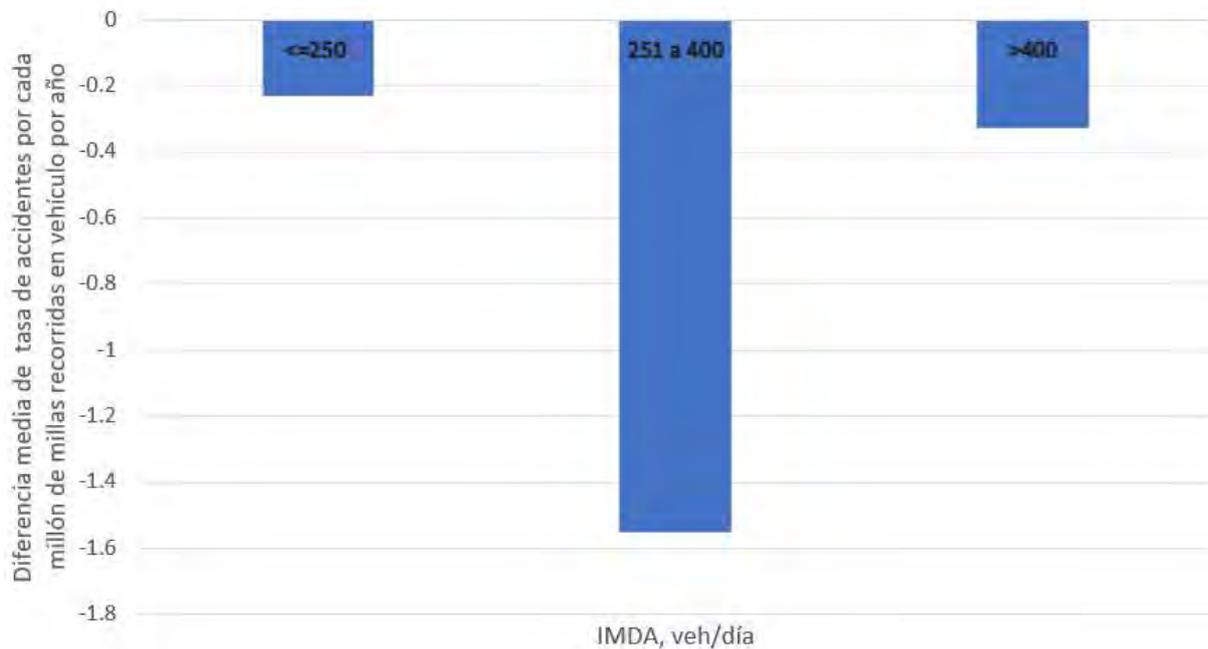
El enfoque del plan global de esta segunda década de acción es generar un sistema seguro, donde la interacción del conductor, el vehículo y la infraestructura vial, produzca un alto nivel de seguridad, considerando la seguridad por encima de otros factores como el costo o la intención de reducir el tiempo de viaje. Debido a esto, la infraestructura vial segura es esencial para mejorar la seguridad vial, por ello, dicho plan recomienda que las normativas deben definir características básicas de diseño de las carreteras en todas sus clasificaciones funcionales, considerando que estas características básicas aseguren el comportamiento lógico e intuitivo del conductor.

El MTC (2017) indica que la seguridad vial depende de tres factores: el factor humano, factor vehículo, y el factor de infraestructura vial. Esta investigación, pone énfasis en los factores de infraestructura vial, específicamente al diseño geométrico de la vía.

2.4.1 Tasa de accidentes en carreteras pavimentadas y no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

Zegeer et al. (1994) analizó una base de datos que contenía información sobre las características de carreteras y accidentes en más de 6 600 km de siete estados de Estados Unidos, así mismo, se utilizó una base de datos de tres estados (Minnesota, Illinois y Carolina del Norte) con un total de más de 86 000 km para validar las relaciones de accidentes encontrados. Concluyó que para volúmenes de tráfico de 250 vehículos por día (veh/día) o menos, las tasas de accidentes no difirieron significativamente entre carreteras pavimentadas y no pavimentadas (ver Figura 2).

Figura 2. Diferencia de tasa de accidentes entre las vías pavimentadas y no pavimentadas observadas en Estados Unidos



Nota. Adaptado de Zegeer et al. (1994).

Bradshaw y Minchington (2007) a partir de una base de datos de 16 años (1990-2005) obtenida de 393 lugares distintos de Nueva Zelanda, evaluaron los beneficios de pavimentar carreteras no pavimentadas de volúmenes de tráfico menores a 260 veh/día, donde encontraron los siguientes resultados:

- En un primer análisis computaron la tasa de accidentes considerando todos los accidentes de todos los años en un solo cálculo (ver Ecuación 1 del cómputo de tasa de accidentes), de este análisis se observó que hay un incremento importante de accidentes en terreno plano al pavimentar la vía (ver primer análisis de la Figura 3), sin embargo, este comportamiento es incorrecto debido a que al validar sus resultados con otra base de datos se obtuvo que desde 1985 a 1993 hubo una tendencia bajista de accidentes. Entonces realizaron un segundo análisis de tendencia de fondo, en la que se computó las tasas de accidentes por cada año y luego se le realizó una regresión con un 95 % de confianza, del cual se observa en la Figura 3 que para el segundo análisis se corrige el comportamiento antes mencionado.

$$TA = \frac{AC \times 10^8}{IMDA \times T \times L}$$

Ecuación 1

Donde:

TA: tasa de accidentes, accidentes por millón de kilómetros recorridos en vehículo por año.

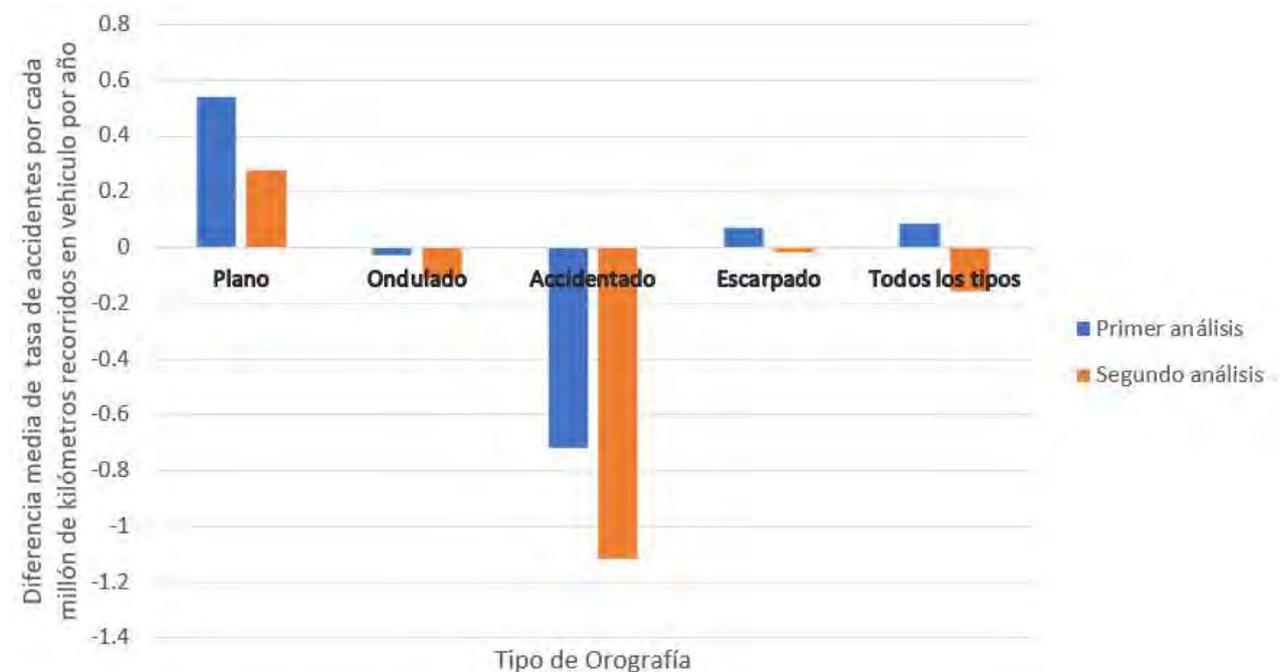
AC: número de accidentes.

IMDA: índice medio diario anual, veh/día.

T: tiempo, días.

L: longitud de sección, km.

Figura 3. Cambio de tasa de accidentes al pavimentar las vías observadas en Nueva Zelanda



Nota. Adaptado de Bradshaw & Minchington (2007).

- Al realizar un análisis separado por cada tipo de orografía concluyeron que no hay un cambio estadísticamente significativo en la tasa de accidentes después de pavimentarlas. Sin embargo, al observar el nivel de significancia de los resultados de Zegeer et al. (1994) en la Figura 2 se puede decir que para que una diferencia no sea significativa la tasa de accidentes no debe cambiar en más de 0.2 o 0.3 accidentes por millón de kilómetros recorridos en vehículo por año, por ello del segundo análisis de la Figura 3 se puede inferir que al pavimentar las vías de bajo volumen de tránsito en terrenos accidentados hay una reducción significativa de accidentes. Dicho comportamiento es reafirmado por el MRRD (2020), y para controlar el aumento de accidentes en las vías de bajo volumen de tránsito no pavimentadas recomienda que las

velocidades de operación para terrenos distintos al plano sean menores al de vías pavimentadas (ver Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros geométricos para carreteras con IMDA < 50veh/día

Parámetro	Unidad	Pavimentadas			No pavimentadas		
		Plana	Ondulada	Montañosa	Plana	Ondulada	Montañosa
Orografía							
Velocidad máxima de diseño	km/h	60	50	40	60	40	30

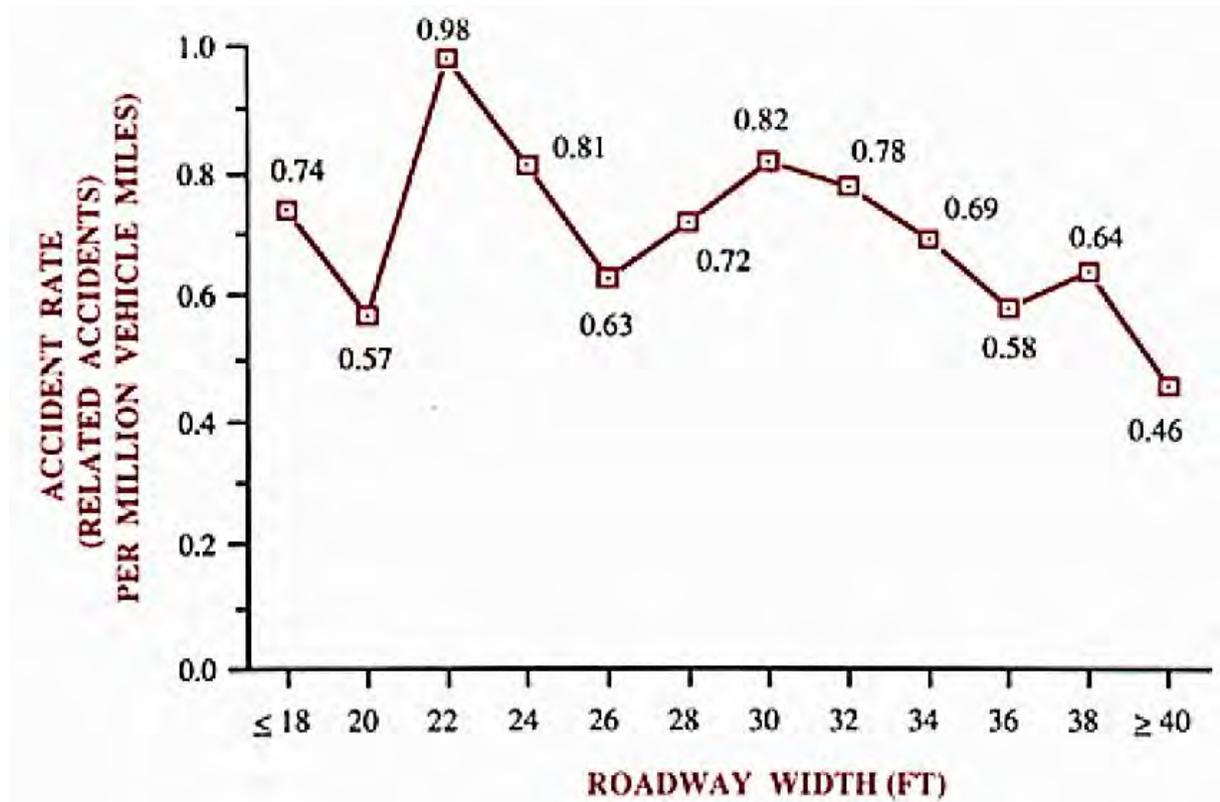
Nota. Adaptado de MRRD (2020).

- Al realizar un análisis que engloba todos los tipos de orografía concluyeron que las carreteras sin pavimentar no presentaban ningún cambio estadísticamente significativo en la tasa de accidentes después de pavimentarlas, ver el cambio de tasa de accidentes en el segundo análisis para todos los tipos de ortografía mostrado en la Figura 3.

2.4.2 Tasa de accidentes vs ancho de carril y berma en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

La *Federal Highway Administration* (1994) analizó carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito en Minnesota y concluyó que cuando el ancho total de la vía (carriles más bermas) es menor a 20 ft (6.1 m) o mayor a 30 ft (9.1 m) se tiene menor tasa de accidentes que cuando se utilice valores entre dichos valores (ver Figura 4).

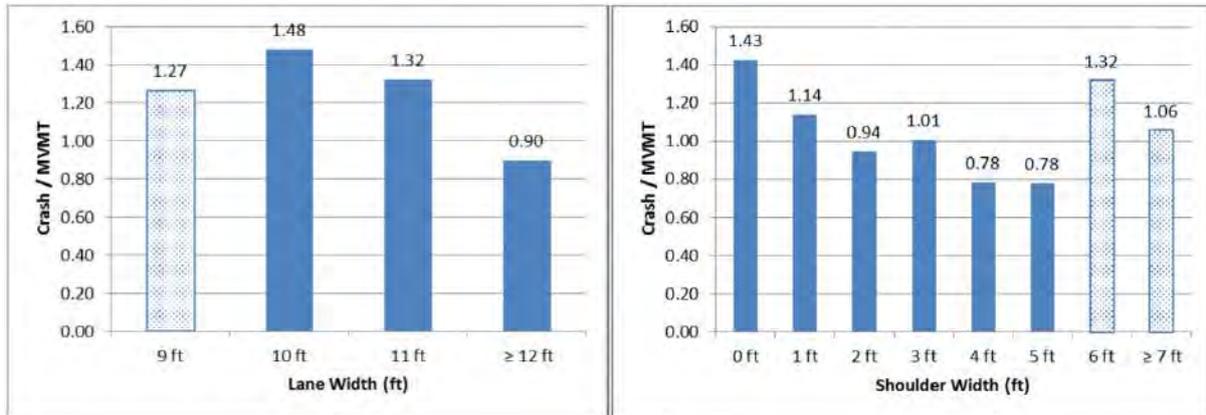
Figura 4. Tasa de accidentes por ancho total (carriles más bermas) de carreteras no pavimentadas observadas en Minnesota



Nota. Adaptado de Federal Highway Administration (1994).

Hossain (2016) analizó 10 años de datos de choques en 831 millas de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito de Oregón y concluyó sobre el ancho de carril que a mayor ancho de carril menor es la tasa de accidentes, los carriles mayores a 12 ft son más seguros que los inferiores a 11 ft y que en carriles con un ancho de 9 ft la relación de mayor ancho menor tasa de accidentes se pierde debido a que en carriles angostos los conductores tienden a reducir la velocidad (ver Figura 5). Además, concluyó sobre el ancho de bermas que la tasa de accidentes en carreteras sin berma es mayor a las que presentan un ancho de berma de 5 ft, las carreteras que presentan una berma de 6 ft o mayor de 7 ft presentan tasas de accidentes atípicas debido a que estos anchos de berma hacen que los conductores utilicen las bermas como un carril adicional, dando cabida a aumentos de velocidad (ver Figura 5).

Figura 5. Tasa de choques por ancho de carril (*lane width*) y tasa de choques por ancho de berma (*shoulder width*), en las carreteras pavimentadas observadas en Oregón



Nota. Adaptado de Hossain (2016).

Al combinar el ancho de carril y ancho de berma con menor tasa de accidentes de la Figura 5, se obtiene un ancho total de vía de 20 ft (12 ft de carril y 4 ft de bermas), valor que según la Figura 4 también genera la menor tasa de accidentes. Con estos resultados se reafirma lo indicado en el apartado 2.4.1, es decir, que no hay diferencias significativas en la tasa de accidentes entre vías pavimentadas y no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, con la excepción de carreteras en terrenos accidentados, esto es apoyado por el MRRD (2020) ya que indica que el comportamiento de la tasa de accidentes en carreteras pavimentadas y no pavimentadas de bajo volumen de tránsito son similares, y que las diferencias de tasa de accidentes debidas al cambio de superficie de rodadura son superadas considerando los siguientes aspectos en el diseño geométrico:

- Orografía: la geometría de las vías no pavimentadas de bajo volumen de tránsito debe asegurar velocidades de operación menores a las velocidades de operación de vías pavimentadas de bajo volumen de tránsito, por razones vistas en el apartado 2.4.1.
- Bombeo: el bombeo en carreteras no pavimentadas debe ser mayor que en las carreteras pavimentadas, debido a que en las vías no pavimentadas se forman corrugaciones sobre la superficie de rodadura de manera más rápida y pronunciada, generando zonas de empozamiento que aumentan la posibilidad de hidropneumático en la vía.
- Peralte y fricción lateral: el peralte de carreteras no pavimentadas debe ser menor que el utilizado en vías pavimentadas, debido a que en el primer tipo de vía es difícil de mantener peraltes altos durante su vida útil, además, en una curva horizontal la fricción lateral que provee el pavimento es mayor a la fricción lateral proporcionada por materiales utilizados en carreteras no pavimentadas, de esta manera en este último tipo de vías se debe proporcionar

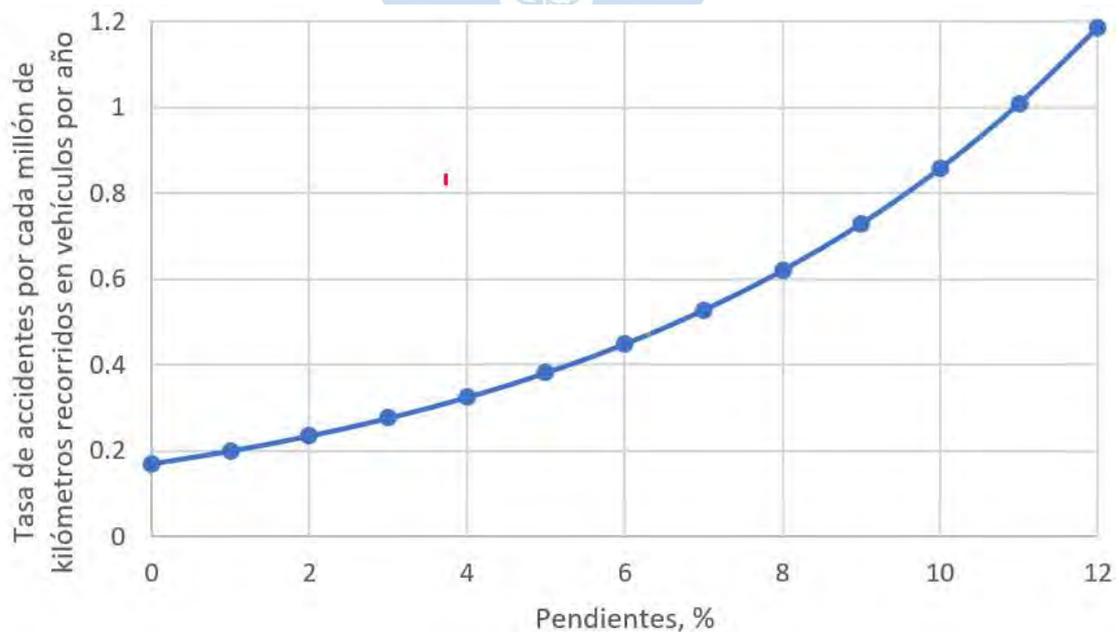
radios de curva más amplios que en las vías pavimentadas, para poder así contrarrestar adecuadamente la fuerza centrífuga que se genera al transitar una curva horizontal.

- Fricción longitudinal: la fricción longitudinal en vías no pavimentadas es menor que en vías pavimentadas lo cual hace que los vehículos tarden más en detenerse, generando así, en vías no pavimentadas, longitudes mayores de distancia de parada y menores pendientes, aumentando la seguridad vial.

2.4.3 Tasa de accidentes vs pendientes en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

Nyasulu (1989), ARRB (2020) y Kitchell et al. (2021) indican que en carreteras no pavimentadas con pendientes superiores a 8 %, la tracción del vehículo es difícil de lograr lo que provocara la erosión de la superficie de rodadura de la vía ante el uso continuo de frenos, por lo que recomiendan que las vías con pendientes superiores a 10 % se deben pavimentar para conseguir adecuada tracción y reducir costos de mantenimiento. La pérdida de tracción incrementa la tasa de accidentes en carreteras no pavimentadas, tal como lo muestran los resultados obtenidos por Miaou et al. (1992), donde evaluó 3 años de datos de accidentes en carreteras rurales no pavimentadas de bajo volumen de tránsito de Estados Unidos y obtuvo que a partir de 8 % de pendiente la tasa de accidentes empieza a incrementar de manera significativa por cada incremento de 2 % de pendiente, y que a partir de 10 % en adelante dichos incrementos en la tasa de accidentes se agudizan (ver Figura 6).

Figura 6. Tasa de accidentes vs pendientes en carreteras no pavimentadas observadas en Estados Unidos



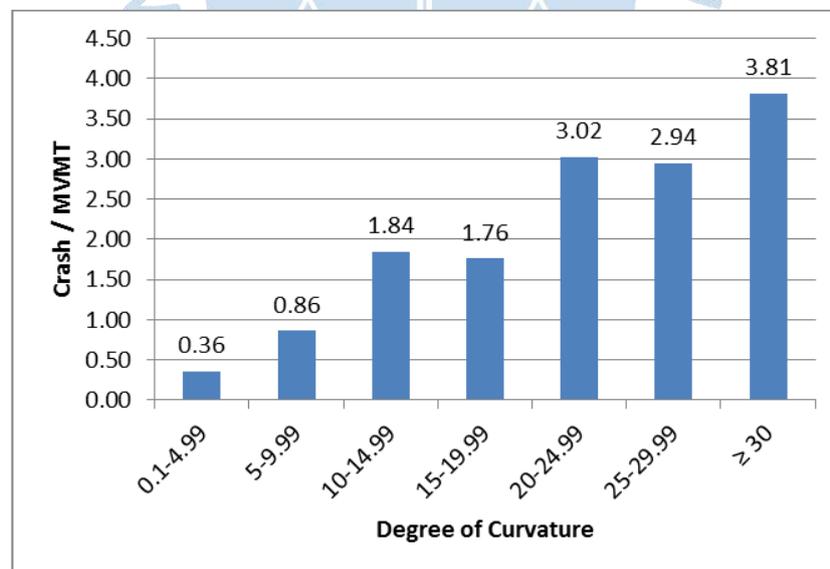
Nota. Adaptado de Miaou et al. (1992).

2.4.4 Tasa de accidentes vs radio mínimo de curva horizontal, longitud de curva vertical y bombeo en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

De lo visto en los apartados 2.4.1 y 2.4.2, se conoce que el comportamiento de la tasa de accidentes en las vías de bajo volumen de tránsito pavimentadas y no pavimentadas son las mismas, si se considera en el diseño geométrico las características propias de carreteras no pavimentadas como son la orografía, el bombeo, el peralte, la fricción lateral y la fricción longitudinal. Entonces el comportamiento (no necesariamente los valores deben ser iguales) de la tasa de accidentes con el radio mínimo de curva horizontal, la longitud de curva vertical y el bombeo, es el mismo en carreteras pavimentadas y no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, bajo este criterio se obtiene lo siguiente:

- Hossain (2016) analizó 10 años de datos de choques en 831 millas de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito de Oregón y concluyó sobre el radio de curva horizontal que a medida que el grado de curvatura disminuye la tasa de choques baja (ver Figura 7), esto se debe a que, al reducir el grado de curvatura aumenta el radio de la curva, por ende, los conductores tendrán menor riesgo de ejecutar maniobras peligrosas, puesto que tendrán una transición más gradual en la vía.

Figura 7. Tasa de choques vs grado de curvatura horizontal de las carreteras pavimentadas observadas en Oregón

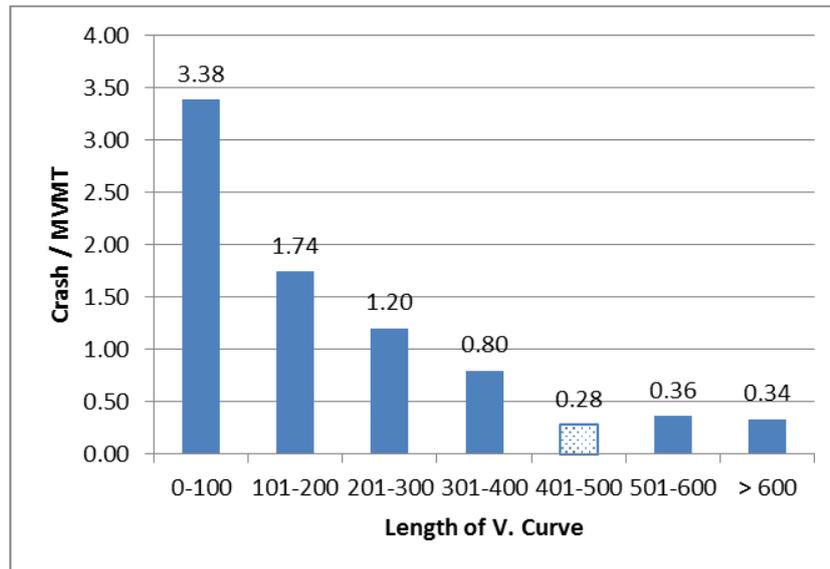


Nota. Adaptado de Hossain (2016).

- Hossain (2016) analizó 10 años de datos de choques en 831 millas de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito de Oregón y concluyó sobre las curvas verticales que aquellas curvas con una longitud menor o igual a 100 ft presentan una tasa de choques 10 veces más que las curvas que presentan una

longitud superior a 600 ft, en rangos de 100 m de longitud de curva vertical la diferencia en la tasa de accidentes no es significativa y que a mayor longitud de curva vertical menor es la tasa de accidentes (ver Figura 8).

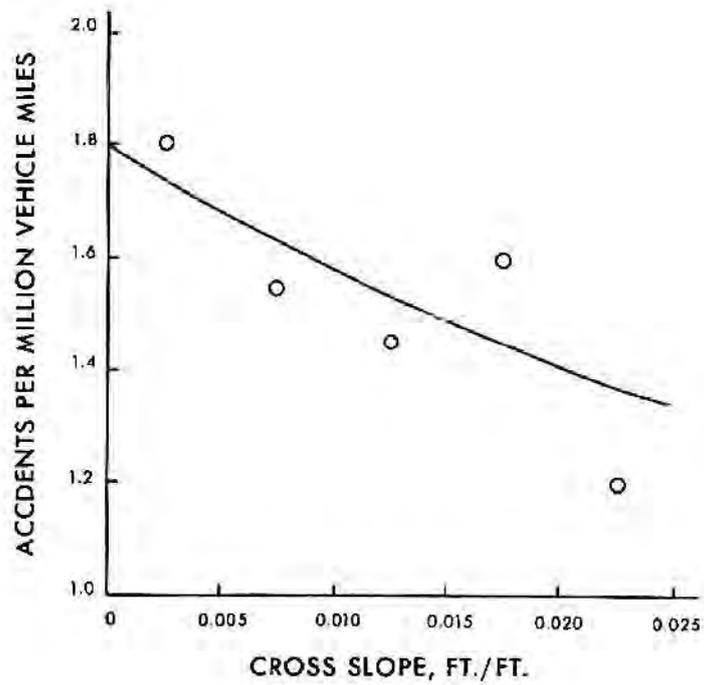
Figura 8. Tasa de accidentes vs longitud de curvas verticales de las carreteras pavimentadas observadas en Oregón



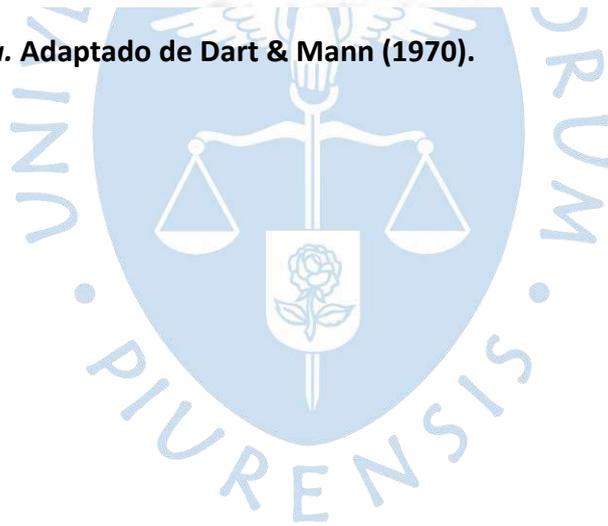
Nota. Adaptado de Hossain (2016).

- Dart & Mann (1970) evaluaron carreteras rurales pavimentadas de bajo volumen de tránsito de Lousiana, donde concluyeron que las carreteras con bombeos relativamente planos tienen tasas de accidentes mayores a las que tienen bombeos mayores (ver Figura 9), debido a que las primeras no drenan adecuadamente generando hidropneumático. Dicho comportamiento es el mismo en carreteras de no pavimentadas, debido a que si no se considera un bombeo mínimo de 3 % se formaran pequeños estanques causados por los surcos que forman los vehículos que transitan la vía (Austroads, 2016), entonces, los estanques ocasionan acumulación de agua en la vía y como consecuencia se da el hidropneumático ya que este último se da cuando los neumáticos se separan de la superficie de rodadura de la vía para deslizarse sobre el agua acumulada (MRRD, 2020).

Figura 9. Tasa de accidentes vs bombeo en las carreteras pavimentadas observadas en Lousiana



Nota. Adaptado de Dart & Mann (1970).





Capítulo 3

Diseño geométrico de trochas carrozables

El objetivo de este capítulo es desarrollar las recomendaciones que los manuales: Manual DG 2018, MDCNPBVT, VLVL, *Unsealed roads best practice guide 2* y LVRR brindan para los parámetros geométricos básicos de trochas carrozables, aclarando que se considera el Manual DG 2018, ya que en la actualidad se utiliza para diseñar trochas carrozables en el Perú.

3.1 Parámetros básicos de diseño geométrico de trochas carrozables

Con el fin de uniformizar la nomenclatura de los parámetros básicos de diseño geométrico de trochas carrozables, se procede a describirlos acorde a lo indicado por el MTC (2018) en el Manual DG 2018.

3.1.1 Sección transversal

3.1.1.1 Calzada. Es la zona de la carretera por donde transitan los vehículos, compuesta generalmente por uno o más carriles. Para fines de diseño geométrico se evaluará su ancho.

3.1.1.2 Bombeo. Es la pendiente transversal de la vía, cuya función es evitar que las aguas superficiales se queden en la vía, por lo que depende del material que compone la superficie de rodadura y las precipitaciones de la zona.

3.1.1.3 Bermas. Las bermas son las franjas paralelas a la carretera que funcionan como un espacio de seguridad para que los vehículos se detengan en caso de emergencias. El bombeo de las bermas debe ser el mismo que el utilizado en la calzada.

Se contará con bermas a cada lado de la calzada de la carretera, según el tipo de vía:

- Autopistas: en cada una de las calzadas que componen la autopista se debe implementar bermas interiores y exteriores.
- Carreteras de calzada única: bermas con anchos iguales en ambos lados de la calzada.

Para fines de diseño geométrico se cuantificará el ancho de la berma.

3.1.2 Alineamiento horizontal

3.1.2.1 Radio mínimo de curva horizontal. Es aquel que permite el tránsito vehicular de manera cómoda y segura.

3.1.2.2 Peralte. Es aquella inclinación transversal que tiene la vía las curvas horizontales, para contrarrestar la fuerza centrífuga generada por el vehículo al transitar dichos tramos, debido a que dicha fuerza podría ocasionar volteo de los vehículos.

3.1.2.3 Sobreancho. Es aquel ancho adicional, sin afectar las bermas, de la calzada que necesitan los vehículos dentro de curvas horizontales, debido a que es más difícil transitar dentro del carril en dichas curvas.

3.1.2.4 Distancia de visibilidad. Es aquella distancia de carretera que es visible al conductor y que a su vez le permitirá realizar diversas maniobras de manera cómoda y segura dentro la vía. A continuación, se presentan los tipos más usuales:

3.1.2.4.1 Distancia de parada. Es aquella longitud que se requiere para que un vehículo se detenga antes de chocar con un obstáculo inmóvil dentro de la carretera, considerando que el vehículo viajaba con la velocidad de diseño.

3.1.2.4.2 Distancia de adelantamiento. Es la longitud necesaria para que un vehículo adelante a otro que transita con la velocidad de diseño de la carretera, sin afectar la velocidad con la que viaja un vehículo que va en sentido inverso a los otros dos vehículos.

3.1.2.4.3 Distancia de encuentro. Es aquella longitud que permite a dos conductores, que viajan el uno hacia el otro por una misma carretera, detenerse antes de una colisión. Esta longitud es ideal para carreteras de un solo carril bidireccional (ARRB,2020).

3.1.3 Alineamiento vertical

3.1.3.1 Pendiente. También conocida como pendiente vertical o longitudinal de una carretera. La pendiente es una medida de subida o caída longitudinal a la horizontal, la misma que se expresa como un porcentaje o una proporción. Además, permite que la mayoría de los vehículos usuarios mantengan la velocidad de operación.

3.1.3.2 Curvas verticales. Son las curvas que permiten el cambio gradual de pendientes entre dos tramos consecutivos de rasante, usualmente se usan cuando las pendientes difieren en más de 1 % en vías pavimentadas y 2% para otras. De acuerdo con su forma se tienen dos tipos: curvas convexas y curvas cóncavas.

3.1.4 Plazoletas de cruce

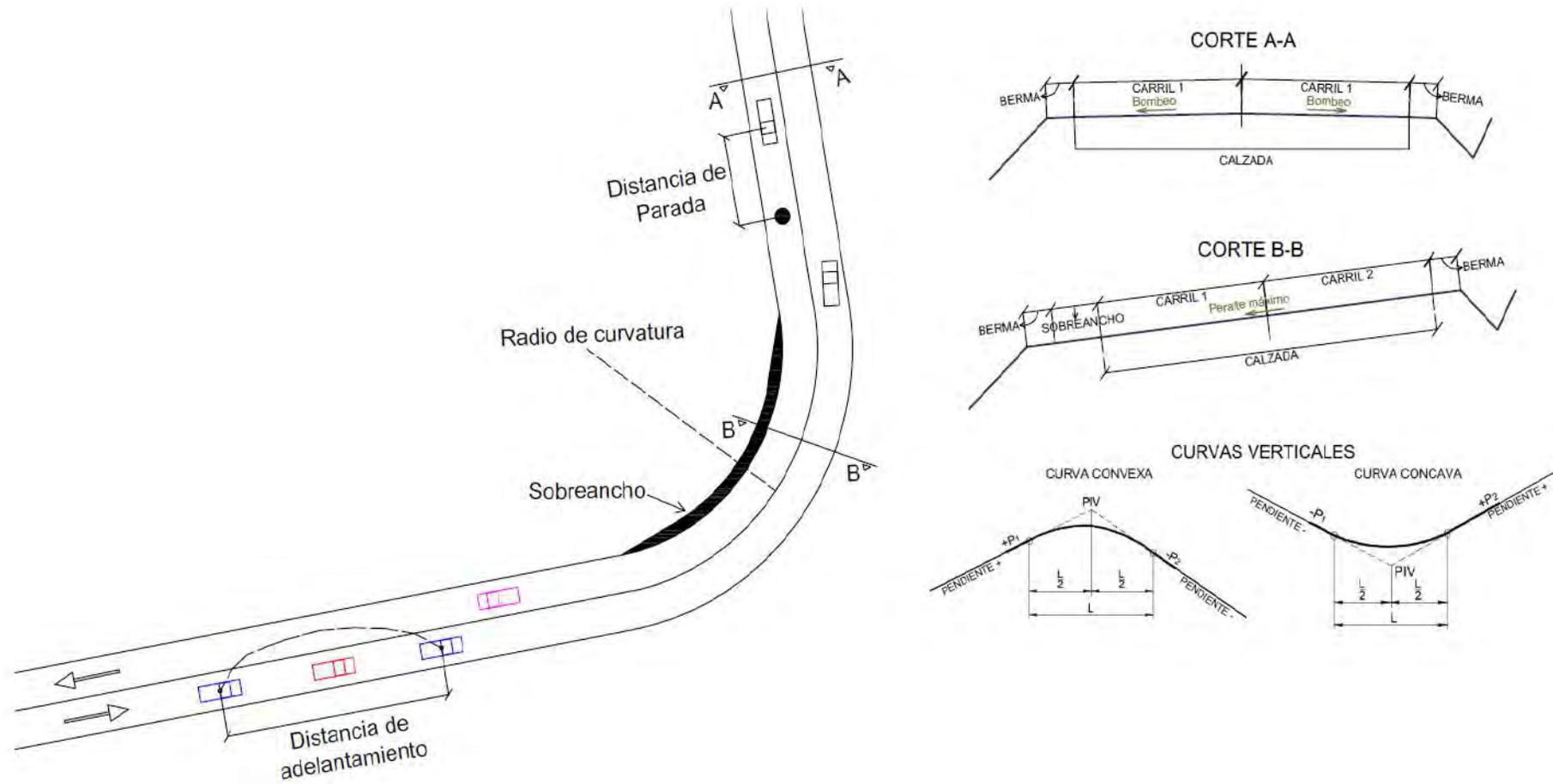
También conocida como zona de despeje, es definida como una parte de terreno que se encuentra al costado del borde externo de la superficie de rodadura (la berma es parte de la plazoleta), la misma que está libre de obstrucciones y que sirve para que los vehículos puedan realizar maniobras de adelantamiento y cruce (paso entre dos vehículos que viajan el

uno hacia el otro) en vías de un solo carril, debido a la ausencia de un carril alterno (AASHTO, 2019).

A continuación, se muestra los elementos antes mencionados de acuerdo con el Manual DG 2018 (ver Figura 10), a excepción de las plazoletas de cruce debido a que dicho manual no presenta ningún detalle de esta, sin embargo, en apartados posteriores en función a las recomendaciones de manuales internacionales se detallará dicho elemento.



Figura 10. Elemento de una carretera según el Manual DG 2018



Nota. Adaptado de MTC (2018).

3.2 Recomendaciones del Manual DG 2018 del MTC para carreteras de tercera clase

En este apartado se recopila las recomendaciones dadas por el MTC (2018) para carreteras de tercera clase que están presentes en el Manual DG 2018.

3.2.1 Clasificación de carreteras en función de la orografía

Las carreteras se clasifican en 4 tipos de acuerdo con la orografía por dónde va el trazo del eje de la vía.

- Carretera en terreno plano o tipo 1: se da cuando las pendientes transversales al eje de la vía tienen un valor máximo de 10 %.
- Carretera en terreno ondulado o tipo 2: las pendientes transversales al eje van de 11 % a 50 %.
- Carretera en terreno accidentado o tipo 3: en este caso las pendientes transversales variarán entre 51 % a 100 %.
- Carretera en terreno escarpado o tipo 4: son los casos en la que las pendientes transversales son mayores a 100 %.

3.2.2 Clasificación por demanda

Se considera como carreteras de tercera clase aquellas que presentan una demanda vehicular menor a 400 veh/día, con dos carriles con un ancho superior o igual a 3 m cada uno, y cuentan con una superficie de rodadura afirmada o mejorada con soluciones básicas.

3.2.3 Vehículo de diseño

El vehículo de diseño debe ser aquel vehículo que, de entre todos los vehículos que transitan la vía, posea las mayores dimensiones en cuanto a sus características propias (ancho, longitud, peso y radio de giro).

3.2.4 Velocidad de diseño

Algunos valores recomendados para la velocidad de diseño en carreteras de tercera clase se muestran en la Tabla 2, en función de la orografía y tipo de carretera.

Tabla 2. Velocidad de diseño

Clasificación	Orografía	Velocidad de diseño en tramo homogéneo (km/h)						
		30	40	50	60	70	80	90
Carretera de tercera clase	Plano							
	Ondulado							
	Accidentado							
	Escarpado							

Nota. Adaptado de MTC (2018).

3.2.5 Sección transversal

3.2.5.1 Ancho de calzada y número de carriles. En la Tabla 3 se muestran los anchos mínimos de calzada para carreteras de tercera clase en función de la orografía, velocidad de diseño y tráfico. Dichos valores consideran que los carriles pueden tener un ancho de 3 m, 3.30 m y 3.60 m; y que se tiene como mínimo 2 carriles por calzada, para autopistas y carreteras de calzada única.

Tabla 3. Anchos mínimos de calzada para carreteras de tercera clase

Orografía Velocidad de diseño, km/h	Carreteras de tercera clase: < 400 veh/día			
	Plano	Ondulado	Accidentado	Escarpado
30			6.00	6.00
40	6.00	6.00	6.00	
50	6.00	6.00	6.00	
60	6.00	6.00		
70	6.00	6.00		
80	6.00	6.00		
90	6.00	6.00		

Nota. El ancho se encuentra en metros. Adaptado de MTC (2018).

3.2.5.2 Bombeo. El bombeo mínimo es acorde con el tipo de superficie de rodadura y precipitación característica de la zona de estudio (ver Tabla 4).

Tabla 4. Bombeo mínimo

Superficie de rodadura	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento de concreto o asfalto	2	2.5
Tratamiento superficial	2.5	2.5-3
Afirmado	3-3.5	3-4

Nota. Adaptado de MTC (2018).

3.2.5.3 Ancho de berma. En la Tabla 5, se muestran los anchos mínimos de berma para carreteras de tercera clase según orografía, velocidad de diseño, y tráfico.

Tabla 5. Ancho de berma mínimos para carreteras de tercera clase, en metros

		Carreteras de tercera clase: < 400 veh/día			
Orografía	Velocidad de diseño, km/h	Plano	Ondulado	Accidentado	Escarpado
	30			0.50	0.50
	40	1.20	0.90	0.50	
	50	1.20	0.90	0.90	
	60	1.20	1.20		
	70	1.20	1.20		
	80	1.20	1.20		
	90	1.20	1.20		

Nota. Adaptado de MTC (2018).

3.2.6 Alineamiento horizontal

3.2.6.1 Radio mínimo de curva horizontal. El radio mínimo de curva horizontal depende de la velocidad de diseño, el coeficiente de fricción y el peralte, tal como se aprecia en la Ecuación 2.

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})}$$

Ecuación 2

Donde:

R_{mín}: radio mínimo de curva horizontal, m.

V: velocidad específica de diseño, Km/h.

e_{máx}: peralte máximo (%).

f_{máx}: factor máximo de fricción.

En la Tabla 6, se muestra el peralte máximo y el factor de fricción para cada velocidad, así como los valores mínimos redondeados de radio para carreteras de tercera clase.

Tabla 6. Radios mínimos para carreteras de tercera clase

Carreteras de tercera clase: < 400 veh/día				
Velocidad de diseño, km/h	Peralte máximo e, %	Valor límite de fricción, f máx	Calculado radio mínimo, m	Redondeado radio mínimo, m
30	4.00	0.17	33.70	35
40	4.00	0.17	60.00	60
50	4.00	0.16	98.40	100
60	4.00	0.15	149.10	150
30	6.00	0.17	30.80	30
40	6.00	0.17	54.70	55
50	6.00	0.16	89.40	90
60	6.00	0.15	134.90	135
30	8.00	0.17	28.30	30
40	8.00	0.17	50.40	50
50	8.00	0.16	82.00	80
60	8.00	0.15	123.20	125
30	10.00	0.17	26.20	25
40	10.00	0.17	46.60	45
50	10.00	0.16	75.70	75
60	10.00	0.15	113.30	115
30	12.00	0.17	24.40	25
40	12.00	0.17	43.40	45
50	12.00	0.16	70.30	70
60	12.00	0.15	104.90	105

Nota. Adaptado de MTC (2018).

3.2.6.2 Peralte. En la Tabla 7, se indica el peralte en función de la zona de estudio y el tipo de orografía.

Tabla 7. Peralte máximo

Zona	Peralte máximo (%)	
	Absoluto	Normal
Urbana	6	4
Rural en orografía plana y ondulada	8	6
Rural en orografía accidentada o escarpada	12	8
Rural con peligro de hielo	8	6

Nota. Adaptado de MTC (2018).

Para mantener las condiciones de seguridad y comodidad se debe considerar una longitud de transición que permita pasar de tramos rectos con bombeo a tramos curvos con peralte, para ello se considera una longitud de transición de bombeo (elimina el bombeo) y

una longitud de transición de peralte (va de bombeo 0% al peralte), para el segundo caso se opera de acuerdo con los siguientes casos:

3.2.6.2.1 Curvas de transición. Son espirales que evitan discontinuidades en la curvatura del trazado de curvas horizontales. Cuando se disponga de curvas de transición, la transición de peralte se debe realizar a lo largo de toda esta curva. La longitud de curva de transición será aquella que cumpla todos los criterios que se muestran a continuación:

- Criterio de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal: este criterio busca determinar el desarrollo requerido por el clotoide (tipo de espiral) para distribuir uniformemente la tasa de crecimiento de aceleración transversal, entonces bajo este criterio la longitud mínima de la curva de transición está determinada por la Ecuación 3.

$$L_{\min} = \frac{V}{46.656 \times j} \times \left(\frac{V^2}{R} - 1.27 \times p \right) \geq 30 \text{ m} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

L_{\min} : longitud mínima de curva de transición, m.

V: velocidad de diseño, km/h.

R: radio de curva horizontal, m.

J: variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo (ver Tabla 8), m/s³.

p: peralte, %.

Tabla 8. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

Velocidad, km/h	<80	80 a 100	100 a 120	>120
j, m/s ³	0.5	0.4	0.4	0.4

Nota. Adaptado de MTC (2018).

- Criterio por estética y guiado óptico: con este criterio se busca facilitar la percepción de la curva de transición y la curva circular al conductor, para ello se debe cumplir lo indicado en la Ecuación 4.

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

R: radio de curva horizontal, m.

A: parámetro característico de la clotoide, ver Ecuación 5.

$$A = \frac{L}{\sqrt{2t}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

A: parámetro característico de la clotoide.

L: longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R = \infty$) y el punto de radio R.

t: desviación máxima de la clotoide respecto a la alineación, $t_{\min} > 3.5g$.

g: grados centesimales, $g=31.831(L/R)$.

- Criterio de longitud máxima y mínima en carreteras de tercera clase: la longitud de la curva de transición debe estar entre los límites dados por las Ecuación 6 y Ecuación 7.

$$L_{\min} = 0.0178 \frac{V^3}{R} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$L_{\max} = (24R)^{0.5} \leq 1.5L_{\min} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

L_{\min} : longitud mínima de la curva de transición, m.

L_{\max} : longitud máxima de la curva de transición, m.

V: velocidad de diseño, km/h.

R: radio de la curva horizontal, m.

3.2.6.2.2 Longitud de transición. La longitud de transición se utiliza cuando no se proyecta una curva de transición con el fin de realizar el cambio gradual del bombeo hasta el peralte. Los criterios para prescindir de la curva de transición son:

- Criterio de peralte: se puede prescindir de curva de transición cuando el peralte es menor a 3% en velocidades menores a 100 km/h o cuando es menor a 2.5% para velocidades mayores a 110 km/h.
- Criterio de radio máximo en carreteras de tercera clase: se podrá prescindir de la curva de transición si no se supera los radios máximos de curva horizontal mostrados en la Tabla 9, en función de la velocidad.

Tabla 9. Radios máximos de curva horizontal que permiten prescindir de curvas de transición en carreteras de tercera clase

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

Nota. Adaptado de MTC (2018).

El cálculo de la longitud de transición se realiza de la misma manera que la curva de transición, sin embargo, el desarrollo del peralte en tramo recto no es el 100% al igual que en las curvas de transición, si no que un porcentaje se desarrolla en tramo recto y el otro porcentaje se desarrolla en la curva horizontal (ver Tabla 10). En el caso de curvas muy cortas, se debe verificar que el peralte de la curva horizontal se mantenga como mínimo en una longitud de $V/3.6$, expresado en metros y V es la velocidad de diseño en km/h.

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

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

Nota. Adaptado de MTC (2018).

De manera alternativa la longitud de transición cuando no se utiliza curvas de transición se puede calcular con la Ecuación 8, y bajo este mismo criterio se debe calcular la longitud de transición de bombeo.

$$L_{mín} = \frac{p_f - p_i}{i p_{máx}} B \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

$L_{mín}$: longitud mínima del tramo de transición del peralte, m.

p_f : peralte final con su signo, %.

pi: peralte inicial con su signo, %.

B: distancia del borde de la calzada al eje de giro del peralte, %.

$i_{p_{m\acute{a}x}}$: máxima inclinación del borde de la calzada respecto al eje de la vía (ver Ecuación 9), %.

$$i_{p_{m\acute{a}x}} = 1.8 - 0.01V \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$i_{p_{m\acute{a}x}}$: máxima inclinación del borde de la calzada respecto al eje de la vía, %.

V: velocidad de diseño, km/h.

3.2.6.3 Sobreancho. El sobreancho depende del tipo de vehículo, el radio de la curva y la velocidad de diseño (ver Ecuación 10), se considera que el radio hasta el extremo frontal del vehículo (R') es igual al radio de la curva (R_c), ver Figura 11. En dicha figura la longitud “s” es el sobreancho requerido por un carril. Se aclara que el sobreancho solo será justificado sólo si es mayor a 0.40 m y aplicado en el borde interior de la calzada.

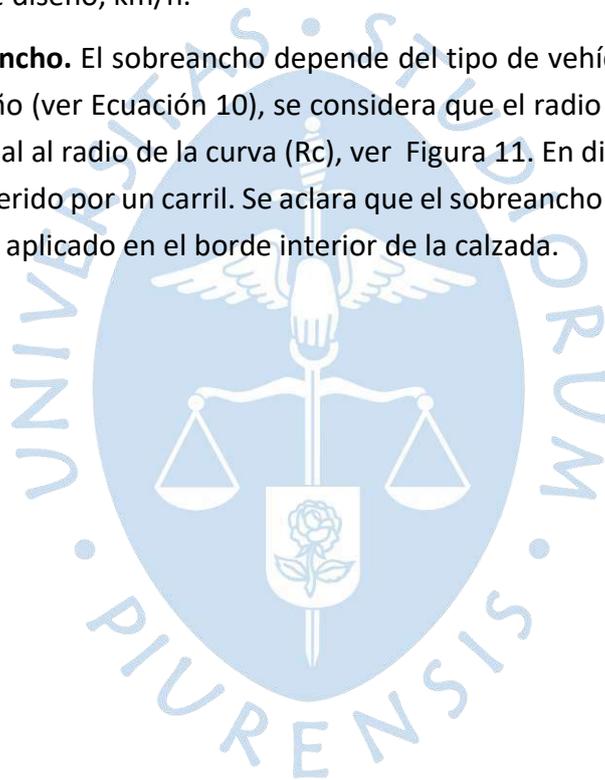
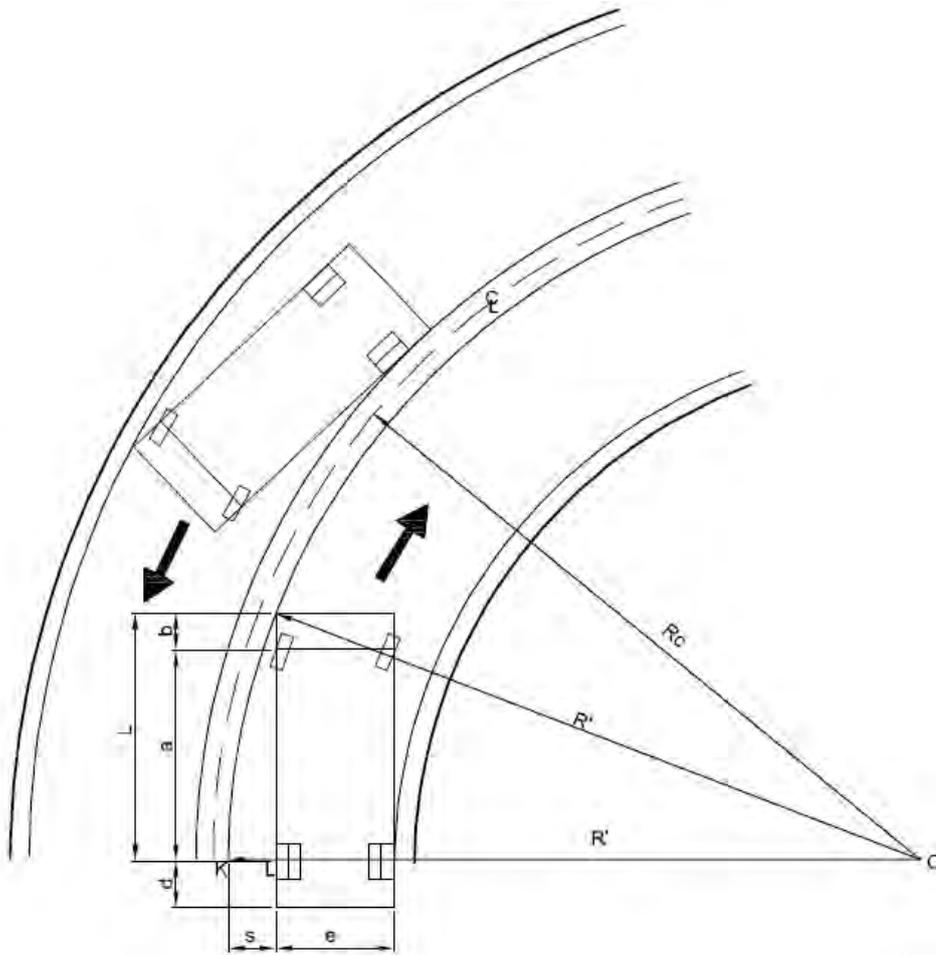


Figura 11. Sobreancho en las curvas



Nota. Adaptado de MTC (2018).

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

Ecuación 10

Donde:

S_a : sobreancho, m.

n : número de carriles.

R : radio de curvatura horizontal, m.

L : distancia entre eje posterior y parte frontal, m.

V : velocidad de diseño, km/h.

Con el fin de mantener las condiciones de transitabilidad se debe considerar una longitud de transición que permita pasar de tramos rectos sin sobreancho a tramos curvos con sobreancho, para ello se debe desarrollar el sobreancho utilizando la Ecuación 11. La longitud total del desarrollo del sobreancho será igual a la longitud de transición de peralte o

longitud de curva de transición, de acuerdo con el caso, si son menores a 40 m, caso contrario será 40 m y terminará en el inicio de la curva horizontal.

$$Sa_n = \frac{Sa}{L} \times l_n \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

San: sobreebancho en un punto distante l_n metros desde el inicio de la transición del sobreebancho, m.

Sa: sobreebancho, m.

L: longitud total del desarrollo del sobreebancho, m.

l_n : longitud desde el inicio de la transición de sobreebancho al punto evaluado, m.

3.2.6.4 Distancia de visibilidad

3.2.6.4.1 Distancia de parada. Para el cálculo de esta distancia en pavimentos húmedos se tienen dos ecuaciones: la Ecuación 12 para pendientes de 0 % a 3% y la Ecuación 13 para pendientes mayores a 3%:

$$D_p = 0.278 \times V \times t_p + 0.039 \times \frac{V^2}{a} \quad \text{Ecuación 12}$$

$$D_p = 0.278 \times V \times t_p + \frac{V^2}{254 \left(\frac{a}{9.81} \pm i \right)} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

D_p : distancia de parada, m.

t: tiempo de percepción y reacción, 2.5 s.

V: velocidad de diseño, km/h.

a: desaceleración que depende del coeficiente de fricción y la pendiente longitudinal, 3.4 m/s².

+i: pendiente de subida respecto al sentido de circulación, en decimal.

-i: pendiente de bajadas respecto al sentido de circulación, en decimal.

En la Tabla 11 se muestra la distancia de parada para pendientes entre 0% a 3% en función de la velocidad de diseño, y en la Tabla 12 se observan las distancias de parada para pendientes mayores a 3% en función de la velocidad de diseño y la pendiente.

Tabla 11. Distancia de parada para pendientes de 0% a 3%

Velocidad de diseño, km/h	Distancia de visibilidad de parada, m			
	Distancia de percepción reacción, m	Distancia durante el frenado a nivel, m	Distancia de visibilidad de parada	
			Calculada, m	Redondeada, m
20	13.90	4.60	18.50	20
30	20.90	10.30	31.20	35
40	27.80	18.40	46.20	50
50	34.80	28.70	63.50	65
60	41.70	41.30	83.00	85
70	48.70	56.20	104.90	105
80	55.60	73.40	129.00	130
90	62.60	92.90	155.50	160
100	69.50	114.70	184.20	185
110	76.50	138.80	215.30	220
120	93.40	165.20	248.60	250
130	90.40	193.80	284.20	285

Nota. Adaptado de MTC (2018).

En curvas horizontales es necesario contar con un espacio libre de obstáculos en el interior de esta, con el fin de tener una distancia de parada y adelantamiento adecuada al momento de transitar. Se tienen dos métodos (método analítico y método gráfico) para calcular el despeje máximo necesario que es medido en la parte central de la curva.

El método gráfico es aplicable cuando se presentan zonas con restricción de adelantamiento (como las curvas horizontales) especialmente para dos casos: el caso I se da cuando la D_p o D_a es menor que el desarrollo de la curva circular, y el caso II cuando la D_p o D_a es mayor que el desarrollo de la curva circular (ver Figura 12).

Tabla 12. Distancia de parada para pendientes mayores a 3%

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

Nota. Adaptado de MTC (2018).

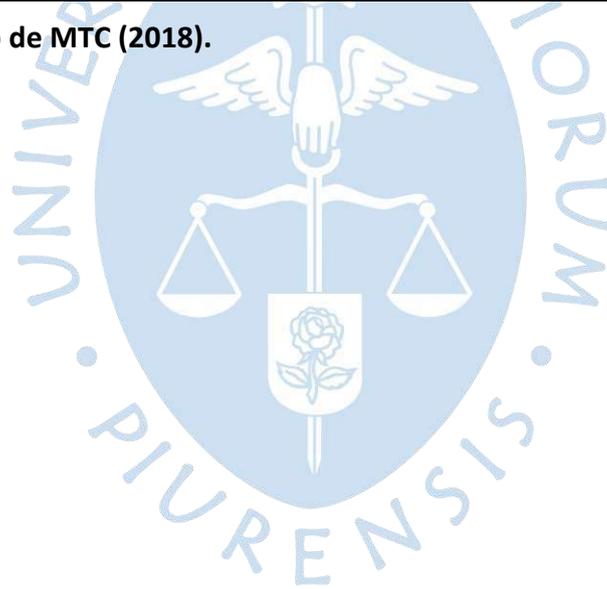
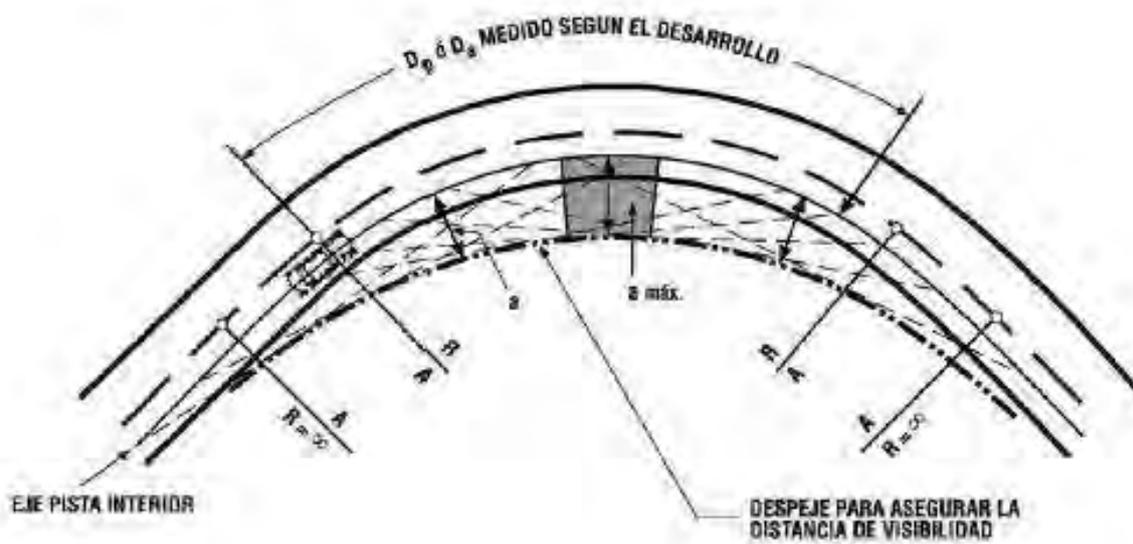


Figura 12. Determinación gráfica de distancias de visibilidad en curvas en planta

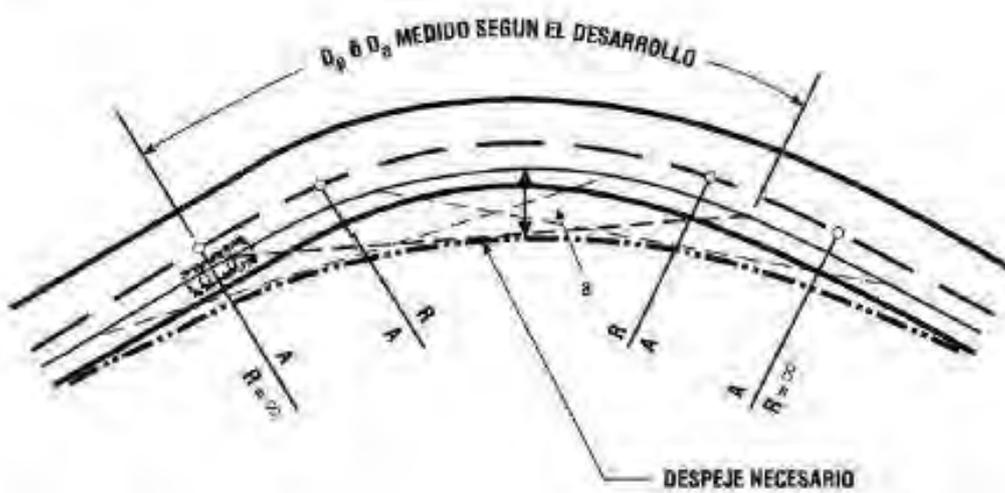
CASO I:

D_p ó $D_a <$ Desarrollo Curva Circular



CASO II:

D_p ó $D_a >$ Desarrollo Curva Circular



Nota. Adaptado de MTC (2018).

El método analítico solo es aplicable al caso I y consta de una ecuación que está en función del radio, la velocidad y la distancia de visibilidad de parada o de adelantamiento, según sea el caso (ver Ecuación 14).

$$a_{m\acute{a}x} = \frac{D \times v^2}{8 \times R} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

$a_{m\acute{a}x}$: ancho máximo de despeje requerido, m.

D: distancia de adelantamiento o parada, según sea el caso, m.

v: velocidad, m/s.

R: radio de curva, m.

3.2.6.4.2 Distancia de adelantamiento. La utilización de distancias de adelantamiento es aplicable solo a carreteras de dos carriles. El cómputo de la distancia de adelantamiento se realiza conforme a la Ecuación 15.

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4$$

Ecuación 15

Donde:

D_a : distancia de adelantamiento, m.

D_1 : distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción, m.

D_2 : distancia recorrida por el vehículo que adelanta durante el tiempo desde que invade el carril de sentido contrario hasta que regresa a su carril, m.

D_3 : distancia de seguridad, una vez terminada la maniobra, entre el vehículo que adelanta y el vehículo que viene en sentido contrario, m.

D_4 : distancia recorrida por el vehículo en el sentido contrario, m.

Las reglas para determinar cada una de las distancias necesarias para determinar la distancia de adelantamiento son:

- La distancia D1 se determina de acuerdo con la Ecuación 16:

$$D_1 = 0.278t_1(V - m * \frac{a*t_1}{2}) \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

t1: tiempo de maniobra, s.

V: velocidad del vehículo que adelanta, km/h.

a: promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento, km/h.

m: diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, 15 km/h.

- La distancia D2 se determina de acuerdo con la Ecuación 17:

$$D_2 = 0.278t_2 \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

t2: tiempo empleado por el vehículo en realizar la maniobra para volver a su carril, s.

V: velocidad del vehículo que adelanta, km/h.

- La distancia D3 está en el rango de 30 y 90 m.
- La distancia D4 es igual a los 2/3 de D2.

En la Tabla 13 se indican las distancias mínimas de adelantamiento para carreteras de dos carriles, con circulación bidireccional, en función de las velocidades de los vehículos que interactúan en un adelantamiento. Dichas distancias no siempre se pueden habilitar a lo largo de toda la carretera, por lo que se debe colocar subtramos distribuidos homogéneamente en donde se cumpla que en tramos de 5 km de carretera el porcentaje de subtramos estén dentro de los porcentajes indicados en la Tabla 14. Además, para que lo antes dicho funcione se debe señalar la vía diferenciando dos zonas: la zona de preaviso es donde se puede terminar un adelantamiento, pero no se puede iniciar uno y la zona de prohibición es donde no se puede invadir el carril contrario.

Tabla 13. Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento

Velocidad específica en la tangente en la que se efectúa la maniobra, km/h	Velocidad del vehículo adelantado, km/h	Velocidad del vehículo que adelanta, km/h	Mínima distancia de visibilidad de adelantamiento D_a , m	
			Calculada	Redondeada
20	-	-	130	130
30	29	44	200	200
40	36	51	266	270
50	44	59	341	345
60	51	66	407	410
70	59	74	482	485
80	65	80	538	540
90	73	88	613	615
100	79	94	670	670
110	85	100	727	730
120	90	105	774	775
130	94	109	812	815

Nota. Adaptado de MTC (2018).

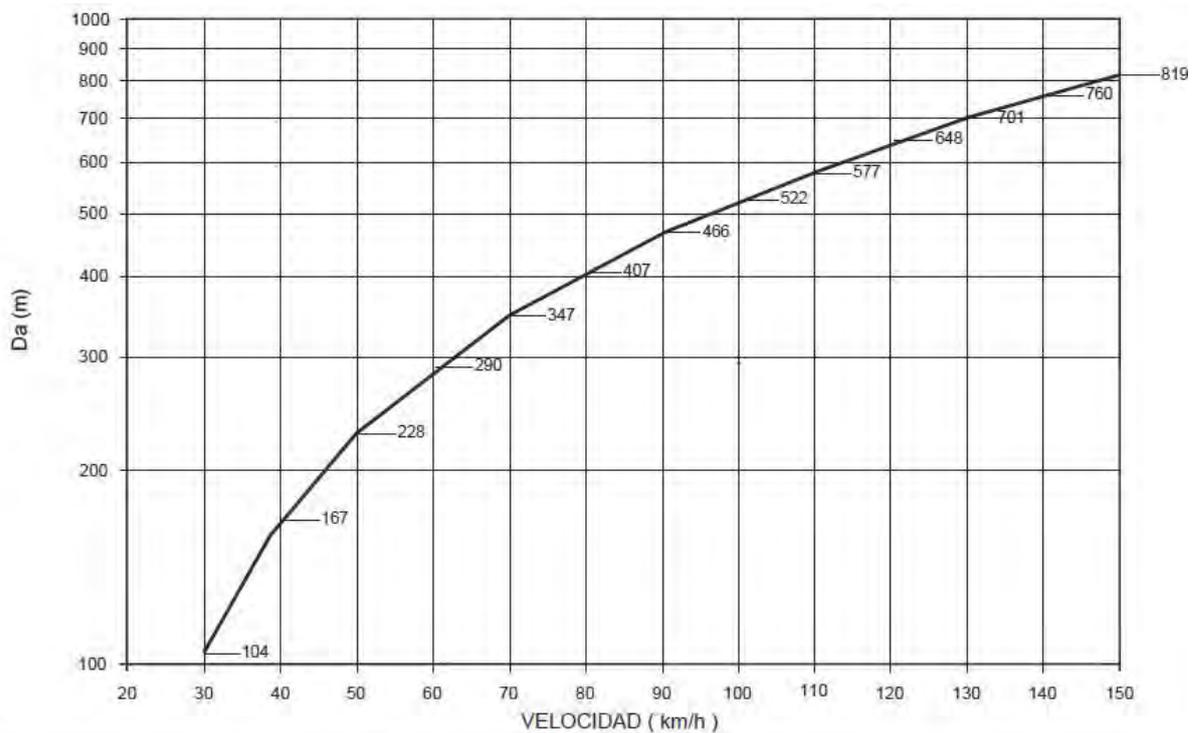
Tabla 14. Porcentaje de carreteras con visibilidad adecuada

Condiciones orográficas	% mínimo	% deseable
Terreno plano	50	>70
Terreno ondulado	33	>50
Terreno accidentado	25	>35
Terreno escarpado	15	>25

Nota. Adaptado de MTC (2018).

De manera alternativa la distancia de adelantamiento puede ser calculada también de manera gráfica. En la Figura 13, se observa la distancia de adelantamiento en función de la velocidad.

Figura 13. Distancia de adelantamiento



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

Nota. Adaptado de MTC (2018).

Los dos métodos mencionados para determinar la distancia de adelantamiento no consideran la influencia de la pendiente, por ello cuando se presenten pendientes mayores a 6 % la distancia de visibilidad a utilizar debe ser la correspondiente a una velocidad 10 km/h mayor a la velocidad de diseño.

3.2.7 Alineamiento vertical

3.2.7.1 Pendiente

3.2.7.1.1 Pendiente mínima. Las carreteras deben contar con una pendiente mínima de 0.5%, para el buen drenaje de aguas superficiales, considerando las siguientes excepciones:

- En calzadas con bombeo de 2%, sin berma ni cunetas, se aceptan pendientes de hasta 0.2%.
- En calzadas con bombeo de 2.5% la pendiente aceptable estará entre 0.35% a 0.5%.
- En zonas con transición de peralte y con pendiente transversal 0%, la pendiente mínima es 0.5%.

3.2.7.1.2 Pendiente máxima. En la Tabla 15 se muestran las pendientes máximas de carreteras de tercera clase, según la velocidad de diseño. En lugares con una altura mayor a 3000 msnm los valores de los valores se deben reducir en 1% para terrenos escarpados o accidentados.

Tabla 15. Pendientes máximas para carreteras de tercera clase, %

Orografía	Carreteras de tercera clase: < 400 veh/d			
	Plano	Ondulado	Accidentado	Escarpado
Velocidad de diseño, km/h				
30			10.00	10.00
40	8.00	9.00	10.00	
50	8.00	8.00	8.00	
60	8.00	8.00		
70	7.00	7.00		
80	7.00	7.00		
90	6.00	6.00		

Nota. Adaptado de MTC (2018).

3.2.7.1.3 Pendientes máximas excepcionales. Las pendientes de la Tabla 15 se pueden incrementar hasta 1% con el sustento técnico y económico correspondiente. Además, en el caso de carreteras de tercera clase se deben considerar las siguientes situaciones:

- En tramos alrededor de 3 km, con ascenso continuo y pendiente mayor a 5%, se construirá un tramo de descanso no menor a 500 m, cuya pendiente sea menor o igual a 2%.
- Tramos con pendientes mayores a 10%, no deben medir más de 180 m.
- En tramos mayores a 2000 m, no se debe tener pendientes mayores a 6%.
- Se debe evitar pendientes que superen al 8% en curvas con radios menores a 50 m de longitud.

3.2.7.2 Curvas verticales

3.2.7.2.1 Curvas convexas. Para el cálculo de la longitud de curvas convexas se debe considerar los siguientes casos: primero en función de la visibilidad de parada (D_p) y segundo en función de la visibilidad de adelantamiento o paso (D_a), ver Figura 14 y Figura 15 respectivamente.

- Con la distancia de visibilidad de parada:

Para $D_p \leq L$:

$$L = \frac{A * D_p^2}{100 (\sqrt{2 * h_1} + \sqrt{2 * h_2})^2} \quad \text{Ecuación 18}$$

Para $D_p > L$:

$$L = 2 D_p - \frac{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})}{A} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

L: longitud de curva vertical, m.

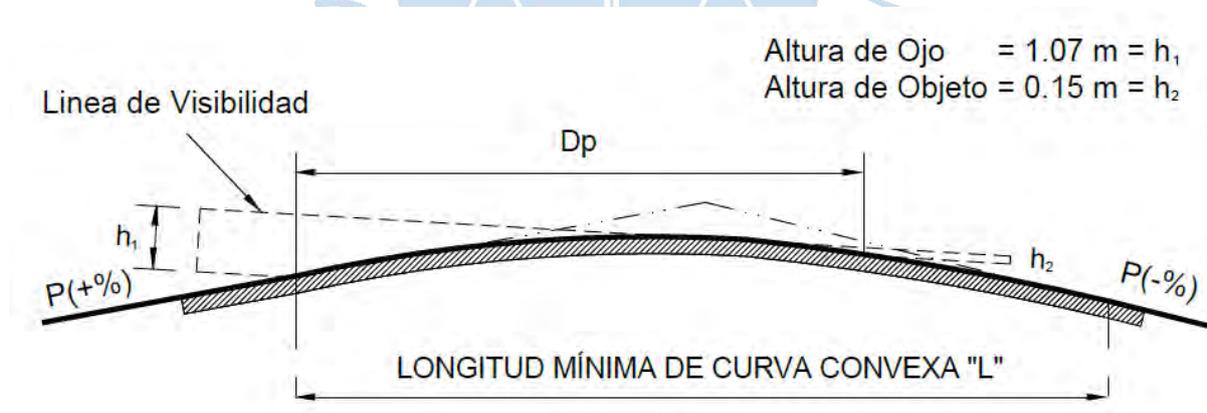
D_p : distancia de parada, m.

A: diferencia algebraica de pendientes, %.

h_1 : altura del ojo sobre rasante, m.

h_2 : altura del objeto sobre rasante, m.

Figura 14. Esquema de curva convexa en función de la distancia de parada



Nota. Adaptado de MTC (2018).

- Con la distancia de visibilidad de adelantamiento:

Para $D_a \leq L$:

$$L = \frac{A * D_a^2}{946} \quad \text{Ecuación 20}$$

Para $D_a > L$:

$$L = 2 D_a - \frac{946}{A} \quad \text{Ecuación 21}$$

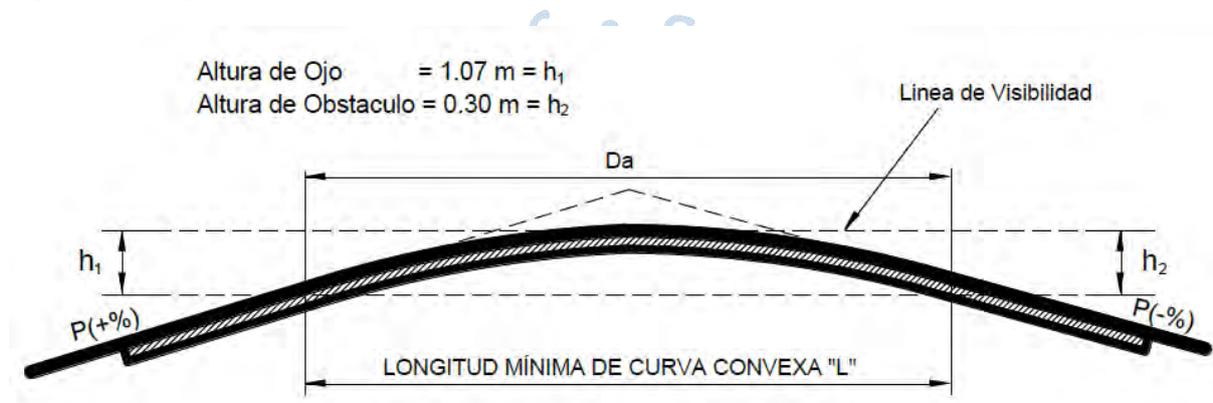
Donde:

L: longitud de curva vertical, m.

D_a : distancia adelantamiento m.

A: diferencia algebraica de pendientes, %.

Figura 15. Esquema de curva convexa en función de la distancia de adelantamiento



Nota. Adaptado de MTC (2018).

De manera alternativa se suele usar el concepto de parámetro de curvatura para expresar la longitud de las curvas verticales en función de la diferencia de pendientes, el cual se define de acuerdo con la Ecuación 22.

$$K = \frac{L}{A} \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

K: parámetro o índice de curvatura.

L: longitud de curva vertical, m.

A: valor absoluto de la diferencia algebraica de pendientes, %.

Considerando los conceptos mencionados, en la Tabla 16 se muestra el índice de curvatura de curvas convexas para carreteras de tercera clase, en función de la velocidad de diseño. Cabe mencionar que para el cálculo del índice en base a la distancia de parada se utiliza

una altura de ojo de 1.08 m y una altura de objeto de 0.60 m, y en base a la distancia de adelantamiento, una altura de ojo de 1.07 y una altura de objeto de 1.30 m.

Tabla 16. Valores de K para el cálculo de longitud de curva vertical convexa

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	11.0	410	195
70	105	17.0	485	272
80	130	26.0	540	338
90	160	39.0	615	438

Nota. Adaptado de MTC (2018).

3.2.7.2 Curvas cóncavas. La longitud de curvas cóncavas es determinada por la Ecuación 23 y Ecuación 24, con la aclaración de que por temas de seguridad el valor de D se toma igual a la distancia de parada.

Para $D \leq L$:

$$L = \frac{A * D^2}{120 + 3.5 D}$$

Ecuación 23

Para $D > L$:

$$L = 2 D - \frac{120 + 3.5 D}{A}$$

Ecuación 24

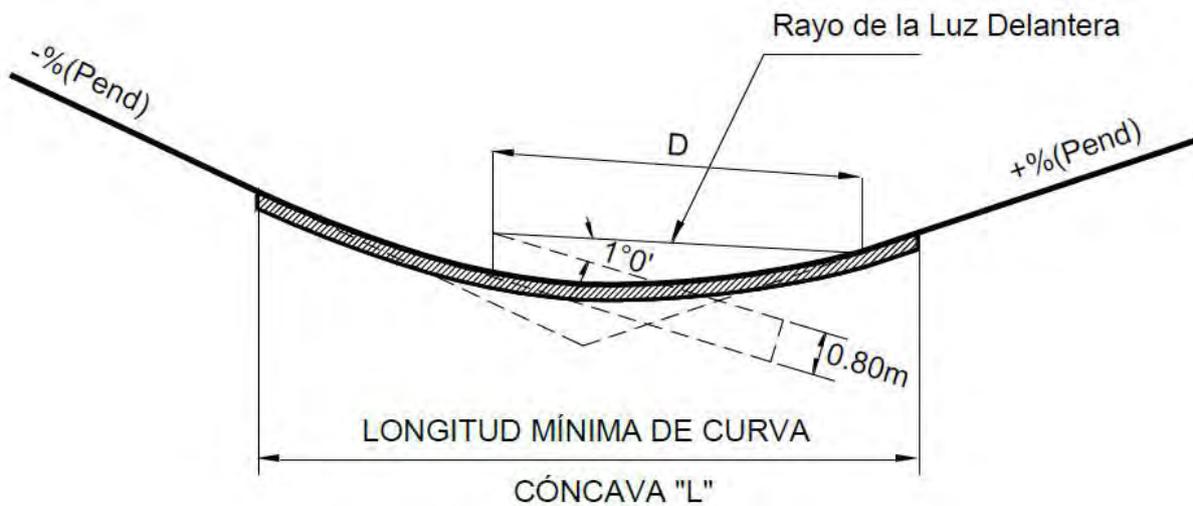
Donde:

L: longitud de curva vertical, m.

D: distancia entre el vehículo y el punto dónde con un ángulo de 1° , los rayos de luz de los faros, interseca a la rasante (ver Figura 16), de manera conservadora $D=D_p$.

A: diferencia algebraica de pendientes, %.

Figura 16. Esquema de curvas cóncavas



Nota. Adaptado de MTC (2018).

En la Tabla 17 se muestra el índice de curvatura de curvas convexas para carreteras de tercera clase, en función de la velocidad de diseño.

Tabla 17. Valores de K para el cálculo de longitud de curva vertical cóncava

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de visibilidad de parada	Índice de curvatura K
20	20	3.0
30	35	6.0
40	50	9.0
50	65	13.0
60	85	18.0
70	105	23.0
80	130	30.0
90	160	38.0

Nota. Adaptado de MTC (2018).

3.3 Recomendaciones del MDCNPBVT del MTC para el diseño de trochas carrozables

En este apartado se describen las recomendaciones dadas por el MTC (2008) en el MDCNPBVT, el cual no está vigente ya que fue derogado por el MCT (2014), sin embargo, algunos proyectistas suelen tomarlo como referencia al diseñar trochas carrozables, puesto que como se viene mencionando en apartados anteriores el Manual DG – 2018 no presenta especificaciones técnicas de diseño geométrico para trochas carrozables.

Las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito son aquellas que presentan una superficie de rodadura de material granular (afirmado), con un volumen menor de 200 veh/día y en las cuales se considera una velocidad de diseño máxima de 60 km/h. Así mismo, brinda recomendaciones geométricas para el diseño de este tipo de carreteras, las cuales se describirán más adelante.

La estructura y superficie de rodadura de las carreteras de bajo volumen de tránsito (BVT) se da en función del tipo de carreteras, el IMDA proyectado y el ancho de calzada (no incluye bermas), ver Tabla 18. Para el caso de vías con un carril o senderos, se debe proporcionar plazoletas de cruce distanciadas entre 500 a 1000 m.

En la Tabla 18 se observa que, la definición de trochas carrozables es un sendero. Esta definición fue renovada por el MTC (2013) con el Manual DG 2013, donde actualiza la definición de trochas carrozables como aquellas que no alcanzan las características geométricas de una carretera, cuentan con un IMDA menor a 200 veh/ día, presentan un ancho mínimo de calzada de 4 m y una superficie de rodadura que puede ser afirmada o sin afirmar. Dicha definición se ha mantenido hasta la actualidad.

En tal caso, para esta investigación se toma como elemento de comparación toda la clasificación de carreteras de BVT (según Tabla 18), ya que estas engloban en su totalidad la definición actual (según Manual DG 2018) de lo que es una trocha carrozable.

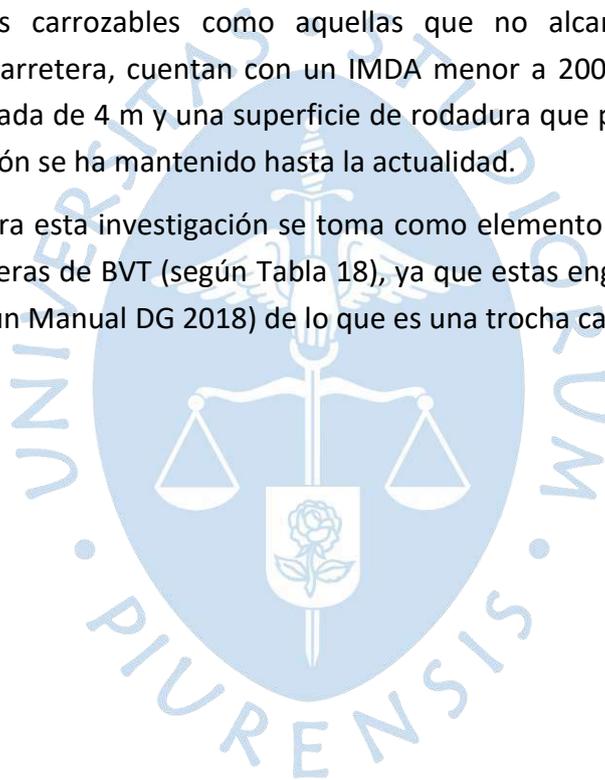


Tabla 18. Características básicas de BVT

Carretera de BVT	IMDA, veh/día	Número de carriles Ancho de calzada, m	Estructura y superficie de rodadura
T3	101-200	1 a 2 carriles 5.50 – 6.00	<ul style="list-style-type: none"> • Capa base de afirmado. • Superficie de rodadura de 15 cm como mínimo.
T2	51-100	1 a 2 carriles 5.50 – 6.00	<ul style="list-style-type: none"> • Una sola capa de afirmado de 15 cm como mínimo, que hace de capa base y superficie de rodadura.
T1	16-50	1 carril a 2 carriles 3.50- 6.00	<ul style="list-style-type: none"> • Igual que T2.
T0	<15	1 carril 3.50- 4.50	<ul style="list-style-type: none"> • Una sola capa de tierra mejorada con grava zarandeada, de 15 cm como mínimo, que hace de capa base y superficie de rodadura.
Trocha carrozable	Indefinido	1 sendero	<ul style="list-style-type: none"> • Una sola capa de tierra mejorada con grava natural seleccionada, de 15 cm como mínimo, que hace de capa base y superficie de rodadura.

Nota. Adaptado de MTC (2008).

3.3.1 Sección transversal

3.3.1.1 Ancho de calzada. El MTC (2008) recomienda los anchos de calzada mostrados en la Tabla 19 en función del IMDA y la velocidad directriz, además, indica que, en el caso de usar un carril, se debe proporcionar plazoletas de cruce

Tabla 19. Ancho mínimo de la calzada, m

IMDA, veh/día	<15	16 a 50		51 a 100		101 a 200	
Velocidad, km/h	1 carril	1 a 2 carriles	1 a 2 carriles, tráfico pesado	1 a 2 carriles	1 a 2 carriles, tráfico pesado	1 a 2 carriles	1 a 2 carriles, tráfico pesado
20	3.50	3.50	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00
30	3.50	4.00	5.50	5.50	5.50	5.50	6.00
40	3.50	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00
50	3.50	5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00
60		5.50	6.00	5.50	6.00	6.00	6.00

Nota. Adaptado de MTC (2008).

3.3.1.2 Bombeo. Las carreteras no pavimentadas deben contar con una inclinación transversal entre el 2% y el 3%.

3.3.1.3 Ancho de berma. La calzada contará con un ancho mínimo de 0.50 m de berma en cada extremo, estando libre de obstáculos, señalización y guardavías; en tramos tangentes tendrán una pendiente de 4% hacia fuera de la plataforma, cuando el lado inferior del peralte tenga un valor mayor a 4%, la berma mantendrá esta pendiente de manera continua, caso contrario, la berma presentará un valor de 4%. Además, la diferencia algebraica entre calzada y berma superior será siempre igual o menor a 7%, lo que quiere decir que cuando la inclinación del peralte es igual a 7%, la sección transversal de la berma será horizontal y cuando el peralte sea mayor a 7%, la berma superior quedará inclinada hacia la calzada con una inclinación igual a la inclinación del peralte menos 7%.

3.3.2 Alineamiento horizontal

3.3.2.1 Radio mínimo de curvas horizontales. El cálculo de este parámetro se expresa en la Ecuación 25.

$$R_m = \frac{V^2}{127(0.01e_{m\acute{a}x} + f_{m\acute{a}x})} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde:

$R_{m\acute{i}n}$: radio mínimo de curva horizontal, m.

V: velocidad específica de diseño, Km/h.

$e_{m\acute{a}x}$: peralte máximo (%).

$f_{m\acute{a}x}$: factor máximo de fricción.

En la Tabla 20 se muestra el mínimo valor del radio de curvatura para carreteras de BVT, así como los valores del peralte máximo y el factor de fricción para una velocidad dada.

Tabla 20. Radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción $f_{m\acute{a}x}$	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4	0.18	14.30	15
30	4	0.17	33.70	35
40	4	0.17	60	60
50	4	0.16	98.40	100
60	4	0.15	149.10	150
20	6	0.18	13.10	15
30	6	0.17	30.80	30
40	6	0.17	54.70	55
50	6	0.16	89.40	90
60	6	0.15	134.90	135
20	8	0.18	12.10	10
30	8	0.17	28.30	30
40	8	0.17	50.40	50
50	8	0.16	82	80
60	8	0.15	123.20	125
20	10	0.18	11.20	10
30	10	0.17	26.20	25
40	10	0.17	46.60	45
50	10	0.16	75.70	75
60	10	0.15	113.30	115
20	12	0.18	10.50	10
30	12	0.17	24.40	25
40	12	0.17	43.40	45
50	12	0.16	70.30	70
60	12	0.15	104.90	105

Nota. Adaptado de MTC (2008).

3.3.2.2 Peralte. En general para carreteras de BVT el peralte máximo normal debe ser 8% y 10 % como valor el máximo absoluto, sólo cuando las carreteras afirmadas estén bien drenadas el peralte máximo absoluto puede estar alrededor de 12%.

Para el paso de tramo recto con bombeo a tramo curvo con peralte se debe proporcionar una longitud de transición, la misma que estará compuesta por dos distancias:

- Longitud de transición del bombeo: zona en la que se desvanece el bombeo.
- Longitud de transición de peralte: zona que empieza al terminar la longitud de transición del bombeo, hasta la inclinación del peralte.

Cuando se proyecte curvas de transición se debe verificar que su longitud no sea inferior a los valores mostrados en la Tabla 21 (valores computados según el apartado 3.2.6.2.2), además, la determinación de la longitud de curva de transición se computa bajo el criterio de longitud máxima y mínima en carreteras de tercera clase vista en el apartado 3.2.6.2.1. Así mismo, el criterio para prescindir de las curvas de transición se basa en el criterio de radio mínimo en carreteras de tercera clase ver el apartado 3.2.6.2.2.

Tabla 21. Longitudes mínimas de transición de peralte y bombeo

Velocidad de diseño, km/h	Peralte, %						Longitud de transición de bombeo, m
	2	4	6	8	10	12	
	Longitud de transición de peralte, m						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

Nota. Adaptado de MTC (2008).

3.3.2.3 Sobreancho. No se requiere sobreancho en curvas horizontales cuando la velocidad de diseño es menor a 50 km/h y radio de curva horizontal mayor a 500 m, o cuando la velocidad esté entre 50 a 60 km/h y el radio sea mayor a 800 m. En la Tabla 22 se muestran los sobreanchos mínimos en función del radio de curva y la velocidad de diseño.

Tabla 22. Sobreancho requerido en curvas circulares

Velocidad de diseño, km/h	Radio de curva, m															
	15	20	30	40	50	60	80	100	125	150	200	300	400	500	750	1000
	Sobreancho, m															
20	6.52	4.73	3.13	2.37	1.92	1.62	1.24	1.01	0.83	0.7	0.55	0.39	0.3	0.25		
30		4.95	3.31	2.53	2.06	1.74	1.35	1.11	0.92	0.79	0.62	0.44	0.35	0.3		
40				2.68	2.2	1.87	1.46	1.21	1.01	0.87	0.69	0.5	0.4	0.34		
50							1.57	1.31	1.1	0.95	0.76	0.56	0.45	0.39	0.29	
60								1.41	1.19	1.03	0.83	0.62	0.5	0.43	0.33	

Nota. Adaptado de MTC (2008).

Cabe mencionar que los sobreanchos de la tabla anterior fueron calculados utilizando la Ecuación 10, teniendo como base un carril de 3.50 m de ancho, un camión tipo bus (según Tabla 41) cuya distancia entre eje posterior y parte frontal es de 9.70 m y un ancho de calzada de 6 m.

3.3.2.4 Distancia visual

3.3.2.4.1 Distancia de parada. Para calcular la distancia visual de parada se considera un objeto inmóvil de $h = 0.60$ m y la altura de los ojos del chofer es $h = 1.10$ m por encima de la rasante de la carretera. Los valores que se muestran a continuación son computados según el apartado 3.1.2.4.1 (ver Tabla 23).

Tabla 23. Distancia de parada, m

Velocidad directriz (km/h)	Pendiente nulo o en bajada				Pendiente en subida		
	0%	3%	6%	9%	3%	6%	9%
20	20	20	20	20	19	18	18
30	35	35	35	35	31	30	29
40	50	50	50	53	45	44	43
50	65	66	70	74	61	59	58
60	85	87	92	97	80	77	75

Nota. Adaptado de MTC (2008).

Con el fin de evaluar la distancia de parada en curvas horizontales se utiliza el concepto de despeje máximo, el cual es la distancia entre una obstrucción ubicada en el lado interno de las curvas horizontales y el eje central del carril interior de la curva, esta distancia se controla cuando la obstrucción no pueda ser removida, porque puede afectar a la distancia de parada que necesita el conductor para transitar cómodo y seguro por la curva. El cómputo del ancho mínimo que debe quedar libre de obstrucciones a la vista del conductor está descrito por la Ecuación 26.

$$M = R \left(1 - \cos \left(\frac{28.65 \times S}{R} \right) \right) \quad \text{Ecuación 26}$$

Donde:

M: ancho mínimo libre, m.

R: radio de curva horizontal, m.

S: distancia de parada, m.

3.3.2.4.2 Distancia de adelantamiento. En la Tabla 24, se muestra la distancia de visibilidad de adelantamiento para carreteras de BVT, con una diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado de 15 km/h. Además, se considera una altura de vehículo de sentido contrario de $h = 1.10$ m y la de los ojos del chofer que realiza la maniobra de adelantamiento es $h = 1.10$ m por encima de la rasante de la carretera (ver Tabla 24).

Tabla 24. Distancia de visibilidad de adelantamiento

Velocidad directriz km/h	Distancia de visibilidad de adelantamiento (m)
30	200
40	270
50	345
60	410

Nota. Adaptado de MTC (2008).

3.3.3 Alineamiento vertical

3.3.3.1 Pendiente. No se debe sobrepasar los valores para pendientes mostradas en la Tabla 25 y debe ser como mínimo 0.5 %.

Tabla 25. Pendientes máximas

Velocidad de diseño, km/h	Orografía			
	Terreno Plano	Terreno Ondulado	Terreno montañoso	Terreno Escarpado
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8

Nota. Adaptado de MTC (2008).

Los valores mostrados en la Tabla 25 están sujetos a las siguientes limitaciones:

- Para altitudes superiores a los 3000 msnm, los valores máximos para terrenos montañosos o escarpados deben ser reducidos en 1%.
- Para pendientes mayores a 5%, con tramos continuos de ascenso, deberá proyectarse, cada 3 km, un tramo de descanso de longitud mínima de 500 m de pendiente inferior al 2%.
- Para pendientes mayores al 10%, la longitud del tramo debe ser menor a 180 m.
- En tramos mayores a 2000 m no debe superarse el promedio de 6% en pendiente.
- En curvas de radio inferiores a 50 m, debe evitarse pendientes superiores a 8%, porque en el lado interior de la curva aumenta notoriamente.

3.3.3.2 Curvas verticales. Para el cálculo de longitud de curva vertical, se utiliza el producto del índice de curvatura y la diferencia absoluta de la diferencia de pendientes, ver Ecuación 22.

En la Tabla 26 y Tabla 27, se observan los valores K para curvas convexas y cóncavas respectivamente.

Tabla 26. Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad directriz, km/h	Longitud controlada por visibilidad de frenado		Longitud controlada por visibilidad de adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado, m	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento, m	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

Nota. Adaptado de MTC (2008).

Tabla 27. Índice para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava

Velocidad directriz, km/h	Distancia de visibilidad de frenado, m	Índice de curvatura K
20	20	2.10
30	35	5.10
40	50	8.5
50	65	12.20
60	85	17.30

Nota. Adaptado de MTC (2008).

El cómputo de los valores de la Tabla 26 y Tabla 27 están basados en las ecuaciones mostradas en el apartado 3.2.7.2.

3.3.4 Plazoletas de cruce

Las plazoletas de cruce son necesarias en carreteras de un carril, siendo colocadas a un distanciamiento mínimo de 500 m, buscando obtener la mejor visibilidad posible.

3.4 Recomendaciones del VLVL de AASHTO para trochas carrozables

En el presente apartado se mostrarán los criterios recomendados por el manual VLVL de AASHTO (2019), aclarando que para algunos parámetros de diseño geométrico dicho manual recomienda utilizar lo recomendado por *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (Green Book)*.

AASHTO (2019) en el VLVL considera que las carreteras de bajo volumen de tránsito tienen IMDA menor o igual a 2000 veh/día, basando sus criterios en un diseño más rentable

que el Green Book, pero manteniendo la seguridad de los usuarios. Además, define las características geométricas de la carretera de acuerdo con la función que esta ejecutará, a continuación, se definen solo las carreteras rurales (existe una clasificación para vías urbanas) por ser tema de interés para esta investigación:

- Carreteras rurales principales: brindan acceso a propiedades colindantes y conecta con carreteras locales y superiores a ellas, por lo que tiene continuidad significativa y funciona a velocidades relativamente altas (mayores a 70 km/h), debido a esto el tráfico que lo frecuenta suele estar conformado por vehículos de pasajeros, camiones, etc. Puede o no estar pavimentada, además, se caracteriza por manejar volúmenes mayores o iguales a 400 vehículos diarios, aunque puede manejar menores volúmenes.
- Carreteras rurales secundarias: su uso es casi exclusivo de acceso a propiedades cercanas, por ende, suelen ser cortos y de baja velocidad de operación (70 km/h o menos); a causa de esto el tráfico predominante es el de vehículos pasajeros o menores, aunque debe dar acceso a buses y camiones. Son estrechos y pueden funcionar como un solo carril, además, puede estar pavimentado o no.
- Carreteras industriales o comerciales: sirven principalmente al tráfico de camiones u otros vehículos pesados, además, sus tramos suelen ser cortos. Estos, pueden o no ser pavimentados.
- Carreteras agrícolas: sirven a conductores frecuentes que conocen la vía y a vehículos grandes y lentos, como cosechadoras, tractores, etc.; estos últimos son más anchos que un camión típico de 2.6 m. Sí la vía es usada frecuentemente por camiones convencionales, sin necesidad de equipos amplios es mejor diseñar como carretera industrial, mientras que si el uso es ocasional se debe tratar como carretera rural principal o secundaria, acorde a la necesidad. Este tipo de vía suele ser no pavimentada.
- Carreteras para centros recreativos o escénicos: sirve a conductores que suelen desconocer la vía y a vehículos recreativos (no tanto a camiones) en grandes volúmenes estacionales, además, sus tramos suelen ser largos con pavimentación o no.
- Carreteras de recuperación de recursos: sirven a vehículos involucrados con la tala, la minería, etc.; en algunos casos el tráfico se mejora con la comunicación por radio, lo que permite el diseño de vías de un solo carril. Este tipo de vía no suele estar pavimentada.

Las trochas carrozables entran en la clasificación de carreteras rurales secundarias, debido a que las trochas son de un carril, con IMDA menor a 200 veh/día y suele operar a velocidades relativamente bajas.

Las tipologías de carreteras mencionadas pueden o no ser pavimentadas, usualmente se opta por no pavimentar la carretera porque el costo de construcción y mantención de una carretera pavimentada sería prohibitivo para la zona.

Debido a que algunos criterios se tomarán del Green Book, se hace necesario la definición de la clasificación funcional de carreteras acorde a este último manual. AASHTO (2018) considera un sistema para áreas rurales y otro para áreas urbanas, como el interés de esta investigación son las trochas carrozables, a continuación, se muestra la clasificación funcional para áreas rurales:

- Sistema arterial principal: son característicos de viajes entre estados y/o movimientos entre poblaciones mayores a 25 000 habitantes.
- Sistema arterial secundario: caracterizada por viajes entre ciudades, pueblos grandes, condados y zonas de turismo.
- Sistema colector: los viajes suelen ser dentro de un condado.
- Sistema de carreteras locales: sus viajes son más centrados a nivel regional, dando acceso a granjas, negocios, etc.

En base a esta clasificación las trochas carrozables se encuentran en el sistema de carreteras locales.

3.4.1 Sección transversal

3.4.1.1 Ancho de calzada y berma. Para el caso de caminos rurales secundarios no pavimentados se caracterizan por velocidades de diseño hasta 70 km/h y como caso excepcional hasta 80 km/h, en la Tabla 28 se muestra las consideraciones para determinar el ancho de calzada y berma, de acuerdo con la presencia de plazoletas de cruce.

Tabla 28. Ancho mínimo de calzada

Con plazoletas de cruce		
IMDA, veh/día	<100	
Número de carriles	1	
Velocidad máxima de diseño, km/h	60	
Ancho de calzada + berma, m	3 a 4.3	
Sin plazoletas de cruce		
Velocidad máxima de diseño, km/h	60	80
Ancho mínimo de calzada + berma, m	5.4	6

Nota. Adaptado de AASHTO (2019).

3.4.1.2 Bombeo. AASHTO (2018) considera para carreteras pavimentadas y no pavimentadas, pendientes transversales de 1.5 a 2 % y de 2 a 6% respectivamente.

3.4.2 Alineamiento horizontal

3.4.2.1 Radio mínimo de curva horizontal. El radio mínimo de curvatura depende de la velocidad de diseño, peralte y el coeficiente de fricción transversal (ver Ecuación 27).

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(0.01e_{\max} + f_{\max})} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

R_{mín}: radio mínimo de curvatura, m.

V: velocidad de diseño, Km/h.

e_{máx}: peralte máximo, %.

f_{máx}: coeficiente de fricción lateral, 50% del coeficiente de tracción.

Los caminos rurales secundarios no pavimentados con volúmenes de 250 veh/día o menos trabajan a velocidades bajas y casos especiales a velocidades moderadas en (de 70 a 80 km/h). Además, el diseño de curvas horizontales difiere respecto de las carreteras pavimentadas pues el radio de curvatura es función del coeficiente de tracción (ver Ecuación 27) y este último depende del tipo de superficie (tierra, grava, nieve compacta, etc.) y de la condición de esta (seca, húmeda, etc.); la Tabla 29 muestra los coeficientes de tracción típicos de carreteras no pavimentadas.

Tabla 29. Coeficientes de tracción de la superficie de rodadura

Material	Condición de la superficie	
	Seca	Mojada
Grava compactada o aceitada	0.50-0.85	0.4-0.8
Grava suelta	0.40-0.70	0.36-0.75
Roca triturada	0.55-0.75	0.55-0.75
Tierra	0.55-0.65	0.4-0.50
Nieve compactada seca	0.20-0.55	-
Nieve poco compactada	0.10-0.60	-
Nieve ligeramente ligada	0.29-0.31	-
Nieve ligeramente ligada con cadenas en uso	0.34	-

Nota. Adaptado de AASHTO (2019).

3.4.2.2 Peralte. Para carreteras rurales en general un peralte que va del 4% al 12 %, con la excepción de carreteras pavimentadas con prevalencia de condiciones de hielo o nieve, donde el peralte máximo será 8%. El desarrollo dependerá de la utilización o no de curvas de transición, un criterio a seguir sobre el uso o no de dichas curvas es el siguiente: en la Tabla 30 se muestran los radios máximos de curva horizontal, en función de la velocidad, que han demostrado en la práctica una reducción significativa de choques. Cabe mencionar que, dicha

tabla no pretende definir cuáles son los radios que necesitan curvas de transición, sino más bien, indicar la mejoría de seguridad en la vía al utilizar las curvas de transición.

Tabla 30. Radios máximos para el uso de curvas de transición

Velocidad, km/h	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Radio máximo, m	24	54	95	148	213	290	379	480	592	716	852	1000

Nota. Adaptado de AASHTO (2018).

Una vez que se defina si se utiliza o no curvas de transición, el desarrollo del peralte será como sigue:

3.4.2.2.1 Longitud de la curva de transición. AASHTO (2018) recomienda una longitud mínima y máxima de curva de transición, expresadas en la Ecuación 28 y Ecuación 29 respectivamente.

$$L_{\min} = 0.0214 \times \frac{V^3}{R \times C}$$

Ecuación 28

$$L_{\max} = \sqrt{24 \times \rho_{\max} \times R}$$

Ecuación 29

Donde:

L_{\min} : longitud mínima de la curva de transición, m.

L_{\max} : longitud máxima de la curva de transición, m.

V: velocidad de diseño, km/h.

R: radio de la curva horizontal, m.

C: tasa máxima de cambio en la aceleración lateral, 1.2 m/s³.

ρ_{\max} : desplazamiento lateral máximo entre la tangente y la curva circular, 1m.

Por otro lado, AASHTO (2018) de manera opcional menciona que se puede obviar las curvas de transición, pero se debe asignar empíricamente longitudes proporcionales de tramo tangente y circular para el mismo propósito.

3.4.2.2.2 Longitud de transición. AASHTO (2018) indica que este caso se da cuando no se proyecta una curva de transición, para lo cual, la longitud de transición será igual a la longitud que se utilizará en curvas de transición; sin embargo, el desarrollo de dicha longitud se realizará una proporción en tramo recto y el resto en la curva. Las proporciones serán igual

a las recomendadas para la transición del sobreebancho, las cuales se mostrarán en apartados posteriores.

3.4.2.3 Sobreebancho. AASHTO (2018) muestra que el sobreebancho debe ser como mínimo 0.60 m para que su habilitación proporcione beneficios a la seguridad. Para el cómputo de dicho sobreebancho se debe utilizar la Ecuación 30.

$$w = N \times (R - \sqrt{R^2 - L^2}) + 0.1(V/\sqrt{R}) \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

w: ensanchamiento de calzada en curva, m.

N: número de carriles.

R: radio de curva horizontal, m.

L: distancia máxima entre ejes más alejados del vehículo, m.

V: velocidad de diseño, km/h.

Para el cálculo del número de carriles AASHTO (2018) recomienda considerarlo como la división entre el ancho de calzada y el carril base, que típicamente puede ser 3.6 m.

Una vez definido el sobreebancho, su desarrollo debe hacerse en la longitud de transición de peralte; sin embargo, se puede utilizar distancias menores. En el caso de ausencia de curvas de transición, una longitud entre 0.5 a 2/3 del sobreebancho debe desarrollarse en el tramo recto y el resto se debe desarrollar en la curva horizontal.

3.4.2.4 Distancia de visibilidad

3.4.2.4.1 Distancia de parada. AASHTO (2019) recomienda utilizar el modelo (ver Ecuación 31) proporcionado por AASHTO (2018), pero con consideraciones que tienen que ver con carreteras de bajo volumen de tránsito.

$$SSD = 0.278 \times V \times t + \frac{V^2}{254 \times \left[\frac{a}{9.81} \pm G \right]} \quad \text{Ecuación 31}$$

Donde:

SSD: distancia de parada, m.

t: tiempo de reacción de freno, s.

V: velocidad de diseño, km/h.

a: desaceleración, m/s².

G: pendiente longitudinal positiva en subida y negativa en bajada, m/m.

La definición de parámetros a utilizar en la Ecuación 32, aplicables a carreteras con IMDA menor a 400 veh/día, es como sigue:

- AASHTO (2019) indica que para IMDA mayor 2000 veh/día la distancia de parada debe considerarse la adecuada para que un conductor de bajo rendimiento pueda detenerse antes del choque, mientras que para IMDA de 400 veh/día o menos (carreteras locales), como no es común que un vehículo frene, es más adecuado que la distancia de parada sea la necesaria para que un conductor pueda maniobrar alrededor de un objeto pequeño en la carretera.
- En el NCHRP Report 400: determination of stopping sight distances (NCHRP Report 400) se propuso que en carreteras de IMDA menor a 400 veh/día se debe usar un tiempo de reacción de freno de 2 s y desaceleración de 4.1 m/s², ya que se observó que al utilizar un tiempo de 2.5 s y desaceleración de 3.4 m/s² (brindan mayor distancia de parada) no se redujeron de manera significativa las pocas colisiones (en su mayoría choques entre vehículos) existentes en curvas convexas (Fambro et al., 1997).
- Neuman (1999) concluyó que los choques con vehículos detenidos en vías menores a 400 veh/día son mucho menores a la cantidad limitada de dichos choques en vías de mayor volumen, además, observó que respecto a utilizar un tiempo de reacción de 2.5 s y desaceleración de 3.4 m/s² (valor usual para carreteras de alto volumen, ver Tabla 31), al aplicar las distancias de parada obtenidas bajo lo recomendado en el NCHRP Report 400, se tiene un efecto mínimo sobre la frecuencia y gravedad de accidentes.
- Debido a los puntos anteriores AASHTO (2019) recomienda utilizar la recomendación planteada en el NCHRP Report 400 en carreteras con IMDA menor a 400 veh/día, las cuales son válidas incluso ante situaciones especiales como la presencia de vehículos pesados o en zonas de riesgo como intersecciones, curvas cerradas, puentes angostos, pasos a nivel, etc.; en caso de no tener casos especiales para carreteras de bajo volumen de tránsito se obtienen adecuadas condiciones de operación al utilizar de distancias de parada reducidas, para esto se reduce la velocidad de diseño (ver Tabla 32), nótese que para velocidades menores a 20 km/h no se aplican reducciones con el fin de cuidarse ante el vuelco de vehículos pesados.

Tabla 31. Casos de distancia de parada

Parámetros	Casos de IMDA	
	401 a 2000 veh/día	400 veh/día o menos
Tiempo de reacción, s	2.5	2.0
Desaceleración, m/s ²	3.4	4.1

Nota. Adaptado de AASHTO (2019).

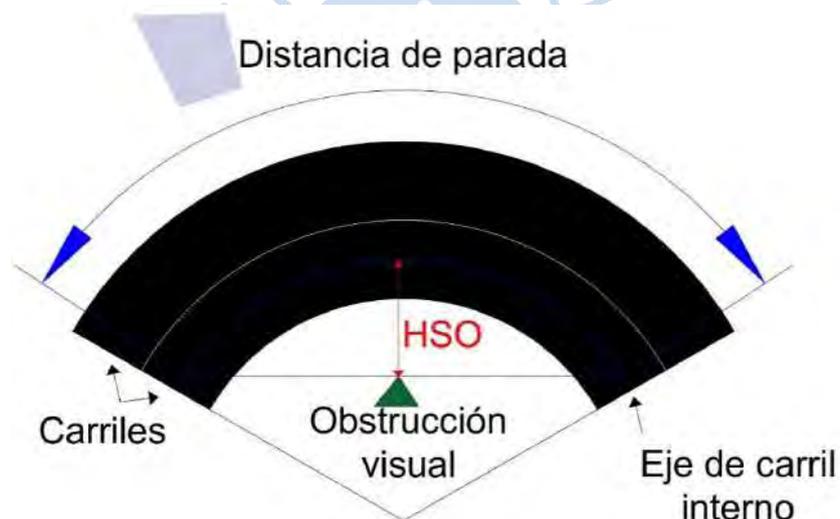
Tabla 32. Reducción de la velocidad de diseño para IMDA < 250 veh/día, en cálculo de la distancia de parada

Velocidad de diseño, km/h	20	30	40	50	60	70	80
Velocidad reducida de diseño, km/h.	20	25	30	35	45	50	60

Nota. Adaptado de AASHTO (2019).

Cuando junto a las curvas horizontales existan obstrucciones visuales como taludes cortados, muros, edificios, vegetación, etc.; se debe verificar la distancia de parada utilizando el concepto de línea de visión horizontal (HSO), que representa el ancho mínimo que debe estar libre de obstrucciones y se mide desde la obstrucción a la distancia de parada medida en el eje del carril interno de la vía y cuya cuerda pasa por la obstrucción (ver Figura 17). La línea mínima de visión horizontal se determina utilizando la Ecuación 32.

Figura 17. Línea de visión horizontal.



Nota. Adaptado del AASHTO (2019).

$$HSO = R_{\text{mín}} \left[1 - \cos \left(\frac{28.65 \times SSD}{R_{\text{mín}}} \right) \right]$$

Ecuación 32

Donde:

SSD: distancia de parada, m.

R_{mín}: radio de curvatura, m.

HSO: línea de visión horizontal, m.

3.4.2.4.2 Distancia de encuentro. Para carreteras de un carril con flujo bidireccional, se recomienda que la distancia de encuentro sea el doble de la distancia de parada.

3.4.2.4.3 Distancia de adelantamiento. No hay recomendaciones especiales sobre la distancia de adelantamiento para carreteras de bajo volumen de tránsito, en el AASHTO (2019).

3.4.3 Alineamiento vertical

3.4.3.1 Pendiente. No hay recomendaciones especiales sobre la pendiente para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito en el AASHTO (2019), mientras que en el AASHTO (2018) solo se tienen recomendaciones para vías pavimentadas.

3.4.3.2 Curvas verticales

3.4.3.2.1 Curvas convexas. Por simplicidad se utiliza una curva parabólica centrada respecto al punto de intersección, además, la longitud de curva vertical se determina con la Ecuación 33 y Ecuación 34.

Cuando SSD es menor que L:

$$L = \frac{A * SSD^2}{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad \text{Ecuación 33}$$

Cuando SSD es mayor que L:

$$L = 2 * SSD - \frac{200(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde:

L: longitud de la curva vertical, m.

SSD: distancia de parada, m.

A: diferencia algebraica de pendientes, %.

h_1 : altura del ojo a la superficie de rodadura, 1.08 m.

h_2 : altura del objeto a la superficie de rodadura, 0.6 m.

3.4.3.2.2 Curvas cóncavas. AASHTO (2018) indica para el sistema de carreteras locales, que la longitud de las curvas verticales cóncavas puede ser determinada por los siguientes cuatro criterios de diseño: comodidad del pasajero, distancia de visión de los faros, control de drenaje y apariencia general; el criterio más adecuado es el primero pues el segundo criterio tan solo requiere aproximadamente el 50 % de la longitud requerida por el primero, el tercer criterio brinda valores máximos de diseño y son mayores a los otros criterios hasta una

velocidad de diseño de 100 km/h, y el cuarto criterio es una aproximación para valores de pendiente pequeños y medios. Considerando el criterio de distancia de visión de faros cuyo caso crítico es en la noche, pues, la distancia de visión del conductor depende de la posición de los faros y la dirección del haz de luz, la longitud de las curvas verticales cóncavas se determina usando la Ecuación 35 y Ecuación 36.

Para $S \leq L$:

$$L = \frac{AS^2}{200[h_1 + S(\tan(\alpha))]} \quad \text{Ecuación 35}$$

Para $S > L$:

$$L = 2S - \frac{200[h_1 + S(\tan(\alpha))]}{A} \quad \text{Ecuación 36}$$

Donde:

L: longitud de la curva vertical, m.

S: distancia de parada, m.

A: diferencia algebraica de pendientes, %.

α : extensión hacia arriba del haz de luz por encima del ángulo de divergencia, 1°.

h_1 : distancia del faro a la superficie de rodadura, 0.6 m.

3.4.4 Plazoletas de cruce

Se deberá considerar su implementación de acuerdo con el proyecto considerando la rentabilidad y riesgos de siniestros, una recomendación para este tipo de carreteras es el agregado de 2 m de ancho o más si el costo económico y ambiental es bajo, además, se debe considerar su uso si existen vehículos de 2.6 m de ancho o más.

3.5 Unsealed roads best practice guide 2 de ARRB

El presente apartado considera las recomendaciones dadas por el ARRB (2020) en la *Unsealed roads best practice guide 2*.

Las carreteras son clasificadas según su función, considerando carreteras rurales y caminos urbanos. A continuación, solo se describe lo concerniente a la clasificación de carreteras rurales, por ser de interés. Estas operan con IMDA menor a 3000 veh/día, que van desde autopistas rurales de alta velocidad hasta caminos locales de baja velocidad (ver Tabla 33).

Las trochas carrozables se encuentran en el sistema funcional de caminos rurales clase 4, por sus características similares a las que en el Perú se desarrollan, que son: bajo volumen

de tráfico, unen pueblos con carreteras principales y presentan superficie de rodadura no pavimentada.

Las carreteras rurales están subdivididas en cuatro categorías, las cuales se detallan a continuación:

- Carretera principal (4A): presenta un volumen de tráfico mayor a los 150 veh/día, 2 carriles no pavimentados (ver Figura 18), velocidad de funcionamiento entre 50 a 80 km/h de acuerdo con la orografía, ancho mínimo de calzada de 7 m. Además, pueden transportar vehículos grandes como camiones, buses, volquetes, entre otros.

Figura 18. Carretera tipo 4A tipo no pavimentada



Nota. Adaptado de ARRB (2020).

- Carretera secundaria (4B): presenta un volumen de tráfico entre 50 a 150 veh/día, uno o dos carriles no pavimentados (ver Figura 19), velocidad de funcionamiento entre 30 a 70 km/h de acuerdo con la orografía, ancho mínimo de calzada de 5.50 m. Se utiliza para la conexión entre los centros de población locales y enlaces con las carreteras principales.

Figura 19. Carretera 4B no pavimentadas



Nota. Adaptado de ARRB (2020).

- Carretera de acceso (4C): presenta un volumen de tráfico entre 10 a 50 veh/día, un carril no pavimentado (ver Figura 20) para ambos sentidos de circulación, velocidad de funcionamiento entre 20 a 40 km/h de acuerdo con la orografía, ancho mínimo de calzada de 4 m y utilizada como acceso a zonas de bajo uso o a terrenos rurales y zonas forestales.

Figura 20. Carretera 4C no pavimentada



Nota. Adaptado de ARRB (2020).

- Carretera tipo huella (4D): presenta un volumen de tráfico inferior a los 10 veh/día, un carril no pavimentado para ambos sentidos de circulación, ancho mínimo de calzada de 3 m y utilizada principalmente para la protección contra incendios, y para dar acceso a las actividades recreativas limitadas. Debido a las características descritas suelen tener una superficie de rodadura a nivel del terreno natural o cerca de ella (ver Figura 21) y no se ajusta a ninguna norma de diseño geométrico.

Figura 21. Carretera 4D no pavimentada



Nota. Adaptado de ARRB (2020).

El criterio de pavimentar o no estas vías se debe basar en la evaluación económica del proyecto, además, del IMDA: las carreteras con un volumen de tráfico menor a 100 veh/día es poco probable que sean pavimentadas, en las carreteras que presentan un volumen de tráfico entre 100 a 250 veh/día el pavimentado dependerá del análisis económico que se

realice y para aquellas carreteras que presenten un volumen de tráfico mayor a los 250 veh/día es muy probable que sean pavimentadas.

Con el fin de garantizar la seguridad de los usuarios, optimizar los costos de construcción y reducir el impacto ambiental, se recomienda la proyección de la geometría de carreteras de bajo volumen de tránsito bajo las consideraciones de la Tabla 34, donde cada parámetro es definido en función del tipo de carretera, orografía y velocidad de operación, y además, las pendientes indicadas en dicha tabla son las máximas absolutas, mientras que la pendiente máxima deseable es 8 %.

Tabla 33. Clasificación de caminos rurales

Clase de carretera	Clasificación de ruta	Características de la ruta
Vías arteriales		
Clase 1	Metro	Las carreteras que forman las principales vías de comunicación entre las principales regiones, incluidas las conexiones directas entre las capitales.
Clase 2	A	Aquellas carreteras, no siendo Clase 1, cuya función principal es constituir la principal vía de comunicación para los movimientos entre: <ul style="list-style-type: none"> - Una ciudad capital y estados colindantes y sus ciudades capitales. - Una ciudad capital y pueblos clave. - Ciudades clave.
Clase 3	B o C	Aquellos caminos, no siendo Clase 1 o 2, cuya función principal es formar una vía de comunicación para los movimientos: <ul style="list-style-type: none"> - Entre los centros importantes y las carreteras Clase 1 y Clase 2 y / o ciudades clave. - Entre centros importantes. - Caminos de carácter arterial dentro de una ciudad en una zona rural.
Carreteras locales		
Clase 4		Aquellos caminos, que no sean de Clase 1, 2 o 3, cuya función principal sea dar acceso a la propiedad colindante (incluida la propiedad dentro de un pueblo en una zona rural).
Clase 5		Aquellos caminos, que proporcionan casi exclusivamente una actividad o función, que no pueden asignarse a las Clases 1 a 4.

Nota. Adaptado de ARRB (2020).

Tabla 34. Criterios de diseño geométrico para carreteras no pavimentadas

Tipo de carretera	Carretera principal (4A)			Carretera Secundaria (4B)			Carretera de Acceso (4C)			Carretera Tipo Huella (4D)		
	Orografía	Plana	Ondulada	Montañosa	Plana	Ondulada	Montañosa	Plana	Ondulada	Montañosa	Plana	Ondulada
Velocidad de operación, km/h	80	70	50	70	50	30	60	40	20	N/A	N/A	N/A
Elementos de sección transversal												
Número de carriles	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Bombeo mínimo, %	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4
Peralte máximo, %	6	7	8	6	8	10	6	8	10	N/A	N/A	N/A
Ancho mínimo de carril, m	3.5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ancho mínimo de berma, m	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	1	0.5	0	0	0
Ancho mínimo de calzada, m	9	8	7	7	7	7	6	5	4	3	3	3
Geometría horizontal												
Radio mínimo de curvatura, m	320	250	140	250	100	35	170	60	15	N/A	N/A	N/A
Distancia mínima de parada, m	150	120	70	120	70	30	90	50	30	N/A	N/A	N/A
Distancia mínima de encuentro, m	290	230	130	230	130	60	180	100	60	N/A	N/A	N/A
Geometría vertical												
Máxima pendiente vertical, %	6	8	12	6	8	12	6	8	12	N/A	N/A	N/A
Curva vertical de cresta mínima, K	50	30	10	30	10	5	19	8	2	N/A	N/A	N/A
Curva vertical de pandeo mínimo, K	11	8	4	8	4	3	6	3	2	N/A	N/A	N/A

Nota. Adaptado de ARRB (2020).

3.5.1 Sección transversal

El ancho de carril, ancho de berma y pendiente transversal para las carreteras de bajo volumen de tránsito, estarán determinados acorde a los criterios dados en la Tabla 34.

3.5.2 Alineamiento horizontal

3.5.2.1 Radio mínimo de curvatura. Para el cálculo de los radios mínimos en curvas horizontales, en carreteras de baja velocidad se recomienda la Ecuación 37:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 \times (n + f)} \quad \text{Ecuación 37}$$

Donde:

R_{\min} : radio mínimo de curvatura, m.

V: velocidad específica de diseño, Km/h.

n: peralte (m/m).

f_{\max} : factor de fricción lateral.

En pendientes pronunciadas, el radio mínimo de curvatura debe aumentarse en un 10%, por cada aumento del 1% de las pendientes superiores al 3%, véase Ecuación 38.

$$R_{\min \text{ en pendiente}} = R_{\min} \times \left(1 + \frac{G-3}{100}\right) \quad \text{Ecuación 38}$$

Donde:

R_{\min} : radio mínimo de curvatura, m.

G: pendiente, %.

Los valores de peralte máximos recomendados según el tipo de terreno, se pueden observar en la Tabla 34.

Los valores de fricción dependen tanto del tipo y estado de los neumáticos del vehículo, así como del tipo y estado de superficie de rodadura de la carretera por donde va a circular, por tanto, es variable. Los coeficientes de fricción lateral para grava o carreteras no pavimentadas, adoptados por la Road Construction Authority (1983), se observan en la Tabla 35.

Conociendo la velocidad, el peralte y el coeficiente de fricción, se puede calcular el radio mínimo de curvatura. Además, se debe tener en cuenta que la pendiente se elige de acuerdo con el tipo de terreno en el que se va a proyectar la vía (plano, ondulado o montañoso), y el coeficiente de fricción está relacionado directamente con la velocidad de operación.

Tabla 35. Coeficiente de fricción en función de la velocidad

Velocidad, km/h	Coeficiente de fricción, f
50	0.12
60	0.11
70	0.10
80	0.10
90	0.09
100	0.09
110	0.08

Nota. Adaptado de ARRB (2020).

3.5.2.2 Peralte. Cuando un vehículo transita por una curva, este tiende a moverse hacia el exterior, por lo que es necesario la presencia de un peralte para evitar este movimiento.

Para mantener el vehículo en una trayectoria circular se necesita de una fuerza radial, la cual es la combinación de dos fuerzas: la primera es la fuerza de fricción lateral entre neumáticos y la carretera, y la segunda es la fuerza de gravedad debido a la masa del vehículo, resuelta por el peralte de la curva.

La fuerza radial está expresada como coeficiente de fricción lateral, la cual se calcula según la Ecuación 39, este coeficiente no debe sobrepasar los valores dados en Tabla 35.

$$f = \frac{V^2}{127 \times R} - n_{2 \text{ round}}$$

Ecuación 39

Donde:

f: coeficiente de fricción lateral.

R: radio de curvatura, m.

V: velocidad, km/h.

$n_{2 \text{ round}}$: peralte (%)

Se recomienda utilizar peraltes para todo tipo de carreteras, independientemente del volumen de tráfico que estas presentan. A excepción de carreteras que presentan velocidades menores a 40 km/h, curvas de radio muy grande donde se puede aplicar un cruce normal de dos vías, curvas de radio mayores a 3000 m con velocidades de 100 km/h, y curvas de radio menores a 600 m para velocidades de 60 km/h, en la cual se puede aplicar una caída transversal bidireccional.

No se recomienda utilizar el peralte máximo (6%) establecido para carreteras asfaltadas de alto volumen de tráfico en carreteras no asfaltadas, ya que un gran peralte podría aumentar el riesgo de que los vehículos pesados de movimiento lento se desvíen hacia el interior de la curva. Además, en peraltes más altos la probabilidad de que pueda ocurrir socavación y erosión en la superficie es muy alta. Para mejorar estos efectos, se considera apropiado un peralte entre 4% y 6%.

En los casos en que una carretera no asfaltada transporta una cantidad significativa de vehículos pesados con cargas elevadas (como camiones madereros) que viajan a una velocidad más baja, un peralte del 6 % puede causar problemas de inestabilidad. En estos casos, la reducción de la caída transversal ayudará a los conductores de vehículos pesados, pero la caída transversal reducida puede no ser adecuada para otros vehículos que pueden operar a velocidades más altas en la misma curva. Idealmente, en este escenario, el radio de la curva debe aumentarse para que se pueda proporcionar una caída transversal peraltada más baja para vehículos pesados sin comprometer a otros usuarios de la carretera. El mínimo debe ser del 4% para garantizar una escorrentía adecuada de las aguas superficiales.

3.5.2.2.1 Curvas de transición. Nyasulu (1989) considera innecesario el uso de curvas de transición para carreteras de bajo volumen no asfaltadas teniendo en cuenta el volumen de tráfico, las condiciones de la superficie y los requisitos de mantenimiento. Si se desea pavimentar la carretera más adelante, se deberá considerar proporcionar curvas de transición.

3.5.2.2.2 Longitud de desarrollo. El paso de una sección transversal normal en rectas a una sección en peralte debe realizarse de forma gradual. La tasa de rotación del pavimento no debe exceder el 3,5 % por segundo para el tiempo de viaje para velocidades menores a 80 km/h y el 2,5 % por segundo para velocidades mayores a 80 km/h. La longitud sobre la que se desarrolla el peralte se conoce como longitud de desarrollo del peralte. Se proporcionan dos tercios de la longitud de desarrollo antes del inicio de la curva, véase Figura 22.

Las longitudes mínimas de desarrollo del peralte se pueden calcular usando la Ecuación 40 y la Ecuación 41 (Austroads, 2003).

$$L_d = \frac{(n_1 - n_2) \times V}{12.6} \quad \text{Para } V < 80 \text{ km/h}$$

Ecuación 40

$$L_d = \frac{(n_1 - n_2) \times V}{9} \quad \text{Para } V > 80 \text{ km/h}$$

Ecuación 41

Donde:

L_d : longitud de desarrollo de peralte, m.

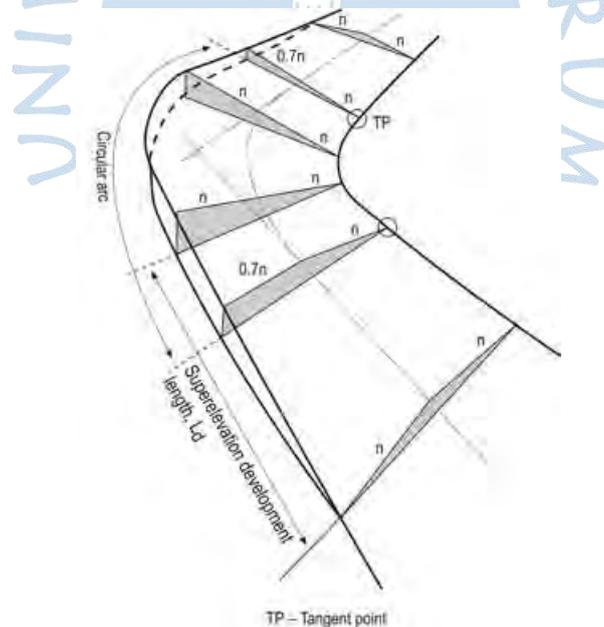
n_1 : caída transversal normal, %

n_2 : caída transversal de peralte completo, %

V : velocidad, km/h

Austrroads (2016) recomienda entre el 70 % y el 80 % de la distancia de desarrollo del peralte debe alcanzarse mediante el punto tangente (TP), ver Figura 23. Generalmente se utiliza un valor del 70%.

Figura 22. Desarrollo de peraltes

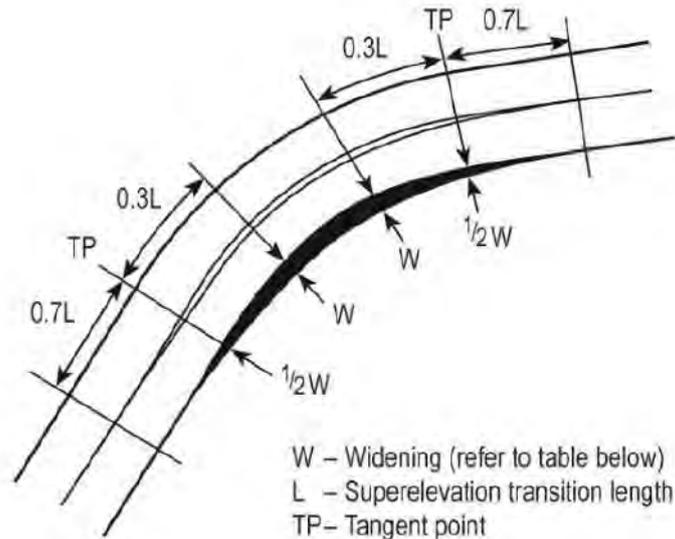


Nota. Adaptado de ARRB (2020).

3.5.2.3 Sobrecarril. La longitud de ensanchamiento en curvas depende de las características y la velocidad de los vehículos que transitan por la vía, el radio de curvatura, el ancho de carril, y los espacios libres que existen entre carriles.

La mitad del ensanchamiento se aplica a cada lado de la línea central de la curva con transiciones. Todo el ensanchamiento se puede aplicar en el interior de las curvas circulares como sería el caso de la mayoría de las carreteras no asfaltadas, ver Figura 23.

Figura 23. Sobreancho en curvas horizontales



Nota. Adaptado de ARRB (2020).

Así mismo, se recomienda en la Tabla 36 valores aproximados para el ensanchamiento requerido por un camión (semirremolque) de diseño de una sola unidad en una curva circular.

Tabla 36. Sobreancho para vehículos tipo camión (semirremolque)

Radio de curva, m	Cantidad total de ensanchamiento de los carriles de tránsito (w) donde el ancho normal de dos carriles de tránsito es			
	6.00 m	6.50 m	7.00 m	7.50 m
30- 50	2.00	1.50	1.50	1.00
50- 100	1.50	1.00	1.00	0.50
100- 250	1.00	1.00	0.50	-
250- 750	1.00	0.50	-	-

Nota. Adaptado de ARRB (2020).

En carreteras de bajo volumen de tránsito es poco probable encontrar vehículos mayores a los camiones (semirremolques), debido a la poca demanda que existe para transportar productos de gran envergadura por este tipo de carreteras. Pero si se desea conocer los requisitos de ensanchamiento de curvas para vehículos más grandes, como B-dobles a trenes de carretera, se consultará la Guía de evaluación de rutas de vehículos pesados del gobierno local de *National Asset Centre of Excellence*.

3.5.2.4 Distancia visual

3.5.2.4.1 Distancia de parada. Está compuesta por la suma de la distancia recorrida durante el tiempo de reacción y la distancia recorrida durante el tiempo de frenado desde la velocidad de diseño hasta la parada, esta relación se refleja en la Ecuación 42.

$$SSD = \frac{R_T \times V}{3.6} + \frac{V^2}{254 \times (d + 0.01 \times a)} \quad \text{Ecuación 42}$$

Donde:

R_T : Tiempo de reacción, s.

V: velocidad de funcionamiento, km/h.

d: coeficiente de desaceleración.

a: pendiente longitudinal ($\pm\%$).

En caminos con superficie de rodadura no pavimentada los coeficientes de desaceleración se eligen de acuerdo con la velocidad de operación. Para automóviles se recomienda los valores mostrados en la Tabla 37:

Tabla 37. Coeficiente de desaceleración para automóviles

Velocidad, km/h	Coeficiente de desaceleración longitudinal, d
30	0.27
40	0.27
50	0.27
60	0.27
70	0.26
80	0.25
90	0.24

Nota. Adaptado de ARRB (2020).

Los camiones al tener coeficientes de fricción más bajos que los automóviles, presentarán una distancia de frenado mucho mayor. Entonces para camiones en vías pavimentadas se recomienda los coeficientes de desaceleración de la Tabla 38, y para obtener la distancia de parada necesario aplicar un factor de corrección de grava que la afecta directamente, y un tiempo de reacción adicional para permitir el retraso de los frenos, los cuales se mencionan más adelante.

Tabla 38. Coeficientes de desaceleración para camiones

Vehículo según ARRB	Coeficiente de desaceleración longitudinal, d	Descripción
Trucks	0.29	Longitud: 5.5 a 14.5 m, con 2 ejes o más.
B- double	0.24	Longitud: 17 m a 36 m, con 6 ejes o más.
Road Train Type 1	0.22	Longitud: 17 m a 36 m, con 6 ejes o más.
Road Train Type 2	0.20	Longitud mayor a 33 m, con 6 ejes o más.

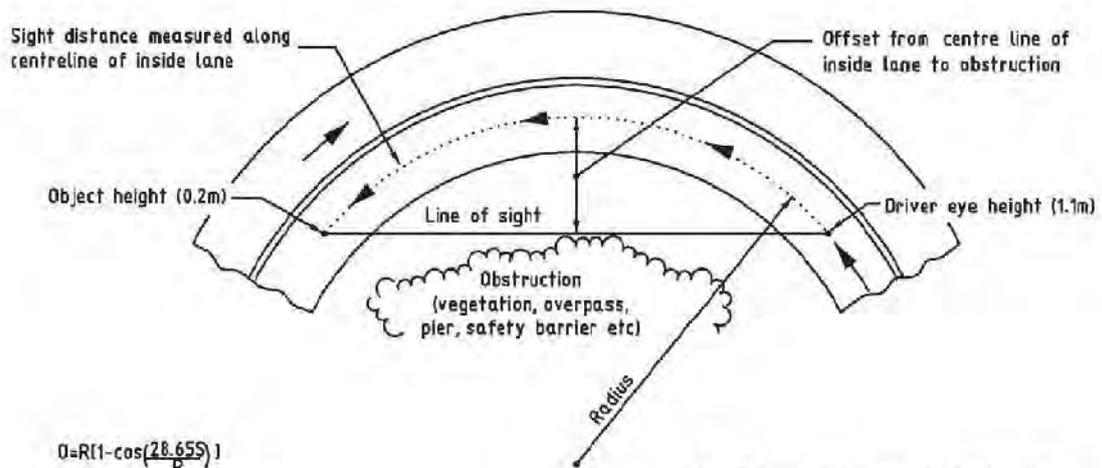
Nota. Adaptado de ARRB (2020).

Se recomienda para automóviles cuyas velocidades sean inferiores a 70 km/h un tiempo de reacción entre 1.5 a 2 s, debido a que tiempos mayores a estos son muy excesivos para una baja velocidad, y para velocidades mayores a 80 km/h un tiempo de reacción mayores a 1.5 s, debido a que tiempos menores a este son muy bajos para velocidades relativamente altas.

Los tiempos de reacción para camiones son: 2.5 s para *trucks* y *B-double*, 3.0 s para *Road Train Type 1* y 3.5 s para *Road Train Type 2*. Además, para este tipo de camiones que presenten velocidades menores a los 60 km/h recomienda un factor de corrección de grava de 1.12 veces, para velocidades entre 60 a 80 km/h un factor de 1.31 veces y para velocidades entre 80 a 100 km/h, un factor de 1.50 veces.

Para lograr la distancia visual de parada requerida entre dos vehículos que van a cruzar una misma curva, es necesario liberar la obstrucción visual que se da en ella, por ejemplo, la presencia de árboles, de taludes, de viviendas o de cualquier otro elemento que impida la adecuada visualización en la curva. El espacio lateral requerido para la liberación de los obstáculos fuera de la vía se mide desde el centro del carril más próximo a la curva y está en función de la distancia visual de parada y del radio de curvatura existente, véase Figura 24.

Figura 24. Distancia visual de parada en curva horizontal



$$O = R \left(1 - \cos \left(\frac{28.655}{R} S \right) \right)$$

$$S = \frac{R}{28.65} \left[\cos^{-1} \left(\frac{R-O}{R} \right) \right]$$

Where:

- R = radius in metres (at the centre of the inside lane)
- S = sight distance in metres
- O = offset in metres

Note:

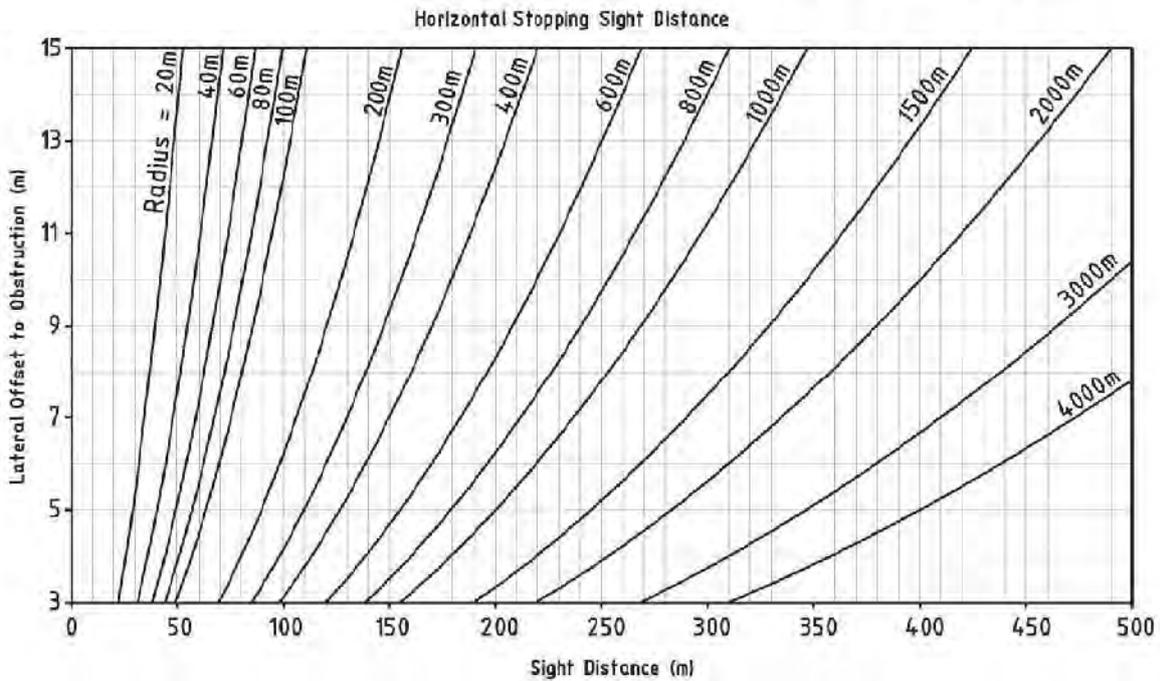
Use this formula only when $S \leq$ the length of the circular curve. Angles in degrees

Notes: This graph is used for horizontal sight restrictions only.

Eye position is in the centre of the lane for cars;
 1.15m from right-hand edge of lane for trucks turning left;
 2.85m from left-hand edge of lane for trucks turning right.

To determine offset for truck:

1. Use stopping sight distance for truck and radius of centre of lane to calculate offset.
2. Subtract 0.30 from the value obtained in step 1 for truck turning left.
3. Add 0.55 to the value obtained in step 1 for a truck turning right.



Nota. Adaptado de AARB (2020).

En la Figura 24 se puede observar la distancia de parada en el eje de las abscisas, el espacio lateral requerido en el eje de las ordenadas y el radio de curvatura está dado por las curvas inmersas entre los ejes.

Para el cálculo del espacio lateral requerido, se ingresa a la Figura 24 con la distancia visual de parada dada, la cual se proyecta en la curva del radio existente y está a la vez, de manera perpendicular, al eje de las ordenadas.

3.5.2.4.2 Distancia de encuentro. La longitud de la distancia de encuentro deberá ser el doble de la distancia de parada.

Sí en caso esta distancia no se pueda alcanzar, se debe considerar, en estas ubicaciones críticas, ensanchar la carretera o reformular el diseño geométrico de la vía, para así proporcionar al conductor un mayor espacio de maniobra y la seguridad vial pertinente.

Por lo general, las distancias cortas de frenado se dan en estribaciones (grupo de pequeñas montañas) y en curvas convexas. Para solucionar este problema se debe ampliar el radio de giro que presentan dichas curvas.

3.5.2.4.3 Distancia de adelantamiento. Se debe tomar en cuenta la distancia visual de adelantamiento solo en carreteras de alta velocidad que presentan dos carriles y dos sentidos, debido a que en estas carreteras existe un espacio adecuado para que el adelantamiento se realice con seguridad. En cambio, para carreteras rurales clase 4 es poco probable que se justifique esta clase de distancia visual debido al bajo volumen de tránsito y al poco ancho de calzada que presenta.

3.5.3 Alineamiento vertical

3.5.3.1 Pendiente. En la Tabla 34 se detallan las pendientes máximas que se deben tomar en cuenta para el diseño geométrico de la vía; sin embargo, se aconseja evitar las pendientes pronunciadas, superiores a 8%, debido a que la tracción del vehículo puede ser difícil de lograr, lo que provocará un desgaste adicional en la superficie de la carretera. Además, las carreteras con pendientes mayores al 10% normalmente son pavimentadas para permitir que se logre una adecuada tracción del vehículo y reducir los requisitos de mantenimiento.

Para pendientes empinadas superiores al 6% con un tramo de gran longitud, la escorrentía de agua fluirá por la carretera produciendo socavación longitudinal. Para evitar eso es necesario tomar medidas especiales para dispersar el agua de la carretera. Las medidas más comunes son la disminución de la pendiente y el uso de barras o deflectores de agua.

3.5.3.2 Curvas verticales

3.5.3.2.1 Curvas convexas. En estas curvas es esencial que la distancia de parada proporcionada al conductor sea suficiente para permitir que un vehículo que va a la velocidad de operación se detenga antes de llegar a un peligro.

Existen dos casos para calcular la longitud de curva vertical:

- Cuando la distancia visual es menor que la longitud de curva vertical se recomienda utilizar la Ecuación 43.

$$L_m = \frac{A \times S^2}{200 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2} \quad \text{Ecuación 43}$$

Donde:

L_m : longitud mínima de curva, m.

S : distancia mínima de parada, m.

A : diferencia algebraica de gradientes, %.

H_1 : altura del ojo del conductor, 1.1 m.

H_2 : altura del objeto, 0.2 m.

En la Tabla 39 se muestran algunos valores típicos del factor de curvatura, en función de la velocidad y el tiempo de reacción.

Tabla 39. Valores de índices de curvatura

Velocidad, km/h	Tiempo de reacción 2.5 s	Tiempo de reacción 2 s	Tiempo de reacción 1.5 s
50	-	10	9
60	-	19	15
70	-	30	20
80	60	50	-
90	85	80	-
100	135	-	-

Nota. Adaptado de ARRB (2020).

- Cuando la distancia visual es mayor que la longitud de curva vertical se recomienda utilizar la Ecuación 44.

$$L_m = 2 \times S - \frac{200 \times (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \quad \text{Ecuación 44}$$

Donde:

L_m : longitud mínima de curva, m.

S : distancia mínima de parada, m.

A : diferencia algebraica de gradientes, %.

H₁: altura del ojo del conductor, 1.1 m.

H₂: altura del objeto, 0.2 m.

Si con las fórmulas anteriormente mencionadas no se puede lograr una distancia de visión vertical adecuada de manera rentable, se debe proporcionar un mayor ancho a la carretera sobre la curva vertical para permitir al conductor más espacio de maniobra, y así evitar una colisión con el vehículo que se aproxima. Este requisito es importante sobre todo en el caso de una carretera de un solo carril y dos sentidos, donde los vehículos circulan por el centro de la carretera.

3.5.3.2.2 Curvas cóncavas.

ARRB (2020) recomienda utilizar lo indicado por Austroads (2016), donde la longitud de curvas cóncavas depende de los siguientes casos:

- En curvas cóncavas en zonas bien iluminadas, se debe utilizar el criterio de comodidad del conductor bajo la aceleración vertical, definida en la Ecuación 45. Con el fin de minimizar el efecto que causa los cambios rápidos de la aceleración en curvas verticales sobre el conductor las aceleraciones verticales deben limitarse a valores inferiores a 0,05 g y en carreteras e intersecciones de bajo estándar a 0,10 g, donde g es la aceleración debido a la gravedad ($g = 9,81 \text{ m / s}^2$).

$$L_m = \frac{V^2 \times A}{1296 \times a} = K \times A$$

Ecuación 45

Donde:

L_m: longitud mínima de curva, m.

V: velocidad de operación, km/h.

A: diferencia algebraica de gradientes, %.

a: aceleración vertical, m/s².

$$K: \frac{V^2}{1296 \times a}$$

- En curvas cóncavas en zonas donde la única fuente de iluminación son los faros del vehículo, se debe calcular considerando una altura de faro de 0.6 m y un ángulo de divergencia del haz del faro de 1° (ver Ecuación 46 y Ecuación 47).

Para $S \leq L$:

$$L = \frac{A \times S^2}{200 \times (h + S \times \tan(q))} \quad \text{Ecuación 46}$$

Para $S > L$:

$$L = 2S - \frac{200 \times (h + S \times \tan(q))}{A} \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde:

L: longitud de curva vertical, m.

h: altura de montaje de los faros, 0.6 m.

S: distancia de parada, m.

q: ángulo de elevación del haz, 1°.

A: diferencia de pendientes, %.

De los casos anteriores Austroads (2016) recomienda para zonas rurales sin iluminación y carreteras urbanas se deben diseñar con el criterio de faros.

3.5.4 Plazoleta de cruce.

El proyectista es el responsable de proporcionar una zona despejada tan amplia como sea posible dentro de las limitaciones de costo, terreno, derecho de paso o posibles impactos sociales y ambientales.

3.6 LVRR de MRRD

En el presente apartado se describirán las recomendaciones dadas por el MRRD (2020) en su manual LVRR.

De acuerdo con el sistema de clasificación funcional de carreteras (ver Tabla 40), las carreteras de bajo volumen de tránsito son aquellas cuya función es de acceso, que serían las carreteras secundarias y terciarias, estas tienen un IMDA alrededor de 300 veh/día.

Tabla 40. Sistema de clasificación funcional de carreteras

Función	Clase de carretera		Definición	Nivel de servicio
Movilidad: mueven tráfico a distancias largas y a altas velocidades eficazmente, limitando accesos y pasos peatonales.	Primaria	Carreteras nacionales troncales	Enlazan las capitales de las provincias del país.	Muy alto: tiene el nivel más alto de servicio a altas velocidades en vías largas e ininterrumpidas, con pocos controles de accesos.
		Carreteras regionales o estatales, principales	Conectan regiones y ciudades principales del país.	
		Carreteras provinciales	Unen provincias con ellas mismas o con carreteras del estado nacional.	Alto: alto servicio para velocidades relativamente altas, para distancias intermedias o largas.
Movilidad y acceso	Secundaria		Enlazan capitales distritales con ellas mismas o con carreteras nacionales o estatales.	Alto o moderado: alto nivel de servicio para velocidades relativamente altas en distancias más cortas a los casos anteriores.
Acceso: brindan acceso a propiedades y terrenos; considerando velocidades bajas, en tramos más cortos y peatones.	Terciaria	Rural	Enlazan pueblos con ellos mismos, con sedes de distritos o con carreteras principales.	Moderado: proporciona un nivel de servicio moderado a velocidad moderada o variable.

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

Las carreteras de bajo volumen de tránsito soportarán tres clases de vehículos de diseño (ver Tabla 41), debido a que este tipo de vías buscan brindar acceso a comunidades en las que no se espera que circulen vehículos muy grandes, entonces brindar características geométricas para dichos vehículos no sería justificable en vías de bajo volumen. De ser el caso de la existencia de vehículos más grandes a los mencionados en la tabla que se muestra a continuación, se debe verificar que no superen el 10% del volumen de tráfico y en el caso de que se supere dicho valor, se debe proporcionar vías de mayor clase.

Tabla 41. Vehículos de diseño para carreteras de bajo volumen de tránsito, m

Vehículo de diseño	Tipo	Altura	Ancho	Largo	Voladizo delantero	Voladizo trasero	Distancia entre ejes	Radio mínimo de trayectoria de rueda exterior
Carro de pasajeros	Ligeros	1.2	1.8	5	0.7	1	3.1	6.8
Camiones simples	Pesados y largos	4.3	2.6	9.1	1.2	1.8	6.1	12.8
Buses simples	Pesados y largos	4.3	2.6	12.3	2.1	2.6	7.6	12.8

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

Existen 5 tipos de carreteras de bajo volumen de tránsito, entonces para definir qué tipo es adecuado para un proyecto en cuestión, se debe contar con el volumen de tráfico, la cantidad de vehículos largos y pesados aplicables a carreteras de bajo volumen de tránsito (ver Tabla 41) y la orografía. Por su parte la velocidad de diseño dependerá del tipo de orografía en el proyecto, ver Tabla 42.

Tabla 42. Criterios para definir el tipo de carretera y la velocidad de diseño máxima

Tipo de carretera de bajo volumen de tránsito	1				2				3				4				5			
IMDA, veh/día	<50				50 a 150				150 a 250				250 a 350				>350			
Número máximo de vehículos largos y pesados, veh/día	10				20				20				30				80			
Orografía	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana	Ondulada	Montañosa	
Máxima velocidad de diseño, km/h	60	40	30	20	60	50	35	20	70	60	45	25	70	60	45	25	80	70	50	

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

3.6.1 Sección transversal

3.6.1.1 Ancho de calzada, berma y bombeo. Los parámetros de diseño geométrico que rigen a las carreteras de acceso son mostrados en la Tabla 43 y en la Figura 25.

Los criterios que se consideran para la determinación de estos parámetros son:

- La clase de carretera: el ancho de la vía incrementará a medida que incrementa la clase de vía, esto debido que a mayor clase de carretera se requiere un mayor nivel de servicio.

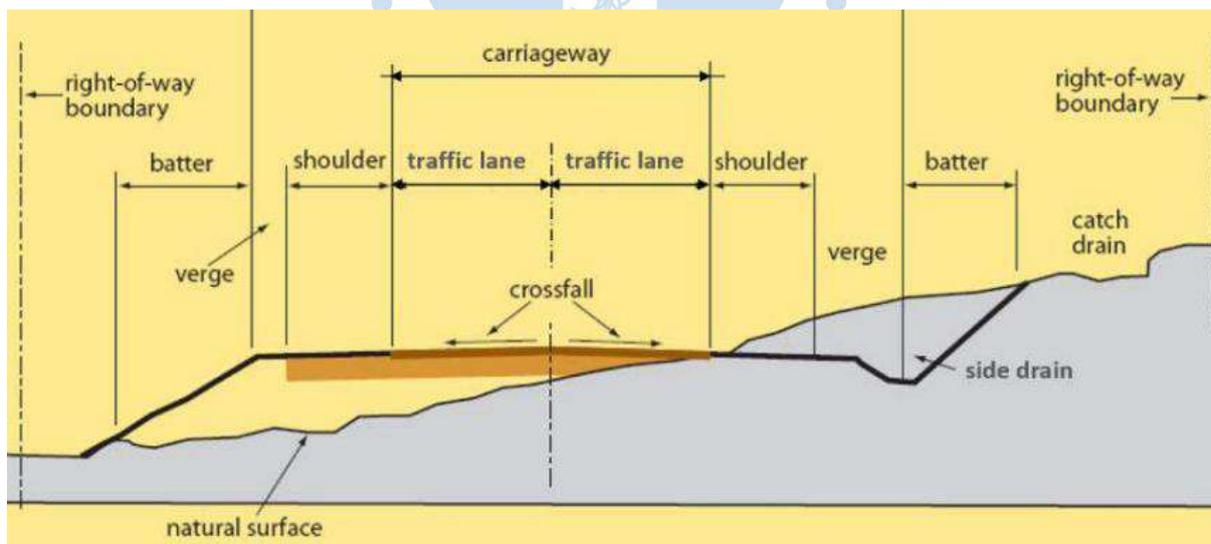
- Tránsito: el ancho de vía aumentará a medida que incrementa el volumen de tránsito, esto debido que a mayor volumen de tránsito más frecuentes serán las maniobras de adelantamiento y por lo tanto los vehículos transitan más alejados del eje vial.
- Velocidad: el ancho de la vía aumentará con el aumento de la velocidad, puesto que a mayores velocidades los conductores tienen menos control de la posición lateral de los vehículos, reduciendo los espacios libres de tránsito.

Tabla 43. Parámetros de diseño geométrico de la sección transversal

Parámetro	Tipo de carretera de bajo volumen de tránsito				
	1	2	3	4	5
Índice medio diario anual, veh/día	<50	50 a 150	150 a 250	250 a 350	>350
Ancho de calzada (<i>carriageway width</i>), m	3.5	3.5 a 4.5	4.5 a 5.5	5.5 a 6.5	6.5
Ancho de berma (<i>shoulder width</i>) no pavimentado, sin plazoleta de cruce / con plazoleta de cruce, m	0.5 / 0 a 0.5	0.5 / 0 a 0.5	-	-	-
Bombeo (<i>crossfall</i>) para hombro y calzada; pavimentado/no pavimentado, %	3/4-6				

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

Figura 25. Elementos de la sección transversal



Nota. Adaptado de MRRD (2020).

3.6.2 Alineamiento horizontal

3.6.2.1 Radio mínimo de curva horizontal. Dicho radio depende de la velocidad, el peralte y el coeficiente de fricción lateral (ver Ecuación 48).

$$R_m = \frac{V^2}{127 \times \left(\frac{e}{100} + f\right)}$$

Ecuación 48

Donde:

R_m : radio mínimo de curva horizontal, m.

V: velocidad de diseño, km/h.

e: peralte, %.

f: coeficiente de fricción lateral.

Por la limitación de peralte que se verá en apartados posteriores, se recomienda radios mínimos para carreteras sin pavimentar sólo para dos peraltes (4 % y 6 %) según sea la velocidad de diseño, ver Tabla 44. Además, los coeficientes de fricción lateral utilizados representan el 80 % de los coeficientes utilizados para carreteras pavimentadas y serán aplicables sólo si la superficie de rodadura es de grava bien graduada, sin piedras sueltas y condición seca; la misma que permitirá mantener la velocidad de operación.

Tabla 44. Radio mínimo para carreteras sin pavimentar

Velocidad de diseño (km/h)	20	30	40	50	60	70	80
Coeficiente de fricción lateral	0.19	0.165	0.15	0.14	0.12	0.12	0.1
Radio mínimo para SE= 4%	15	35	65	115	175	255	355
Radio mínimo para SE= 6%	15	30	60	100	155	215	300

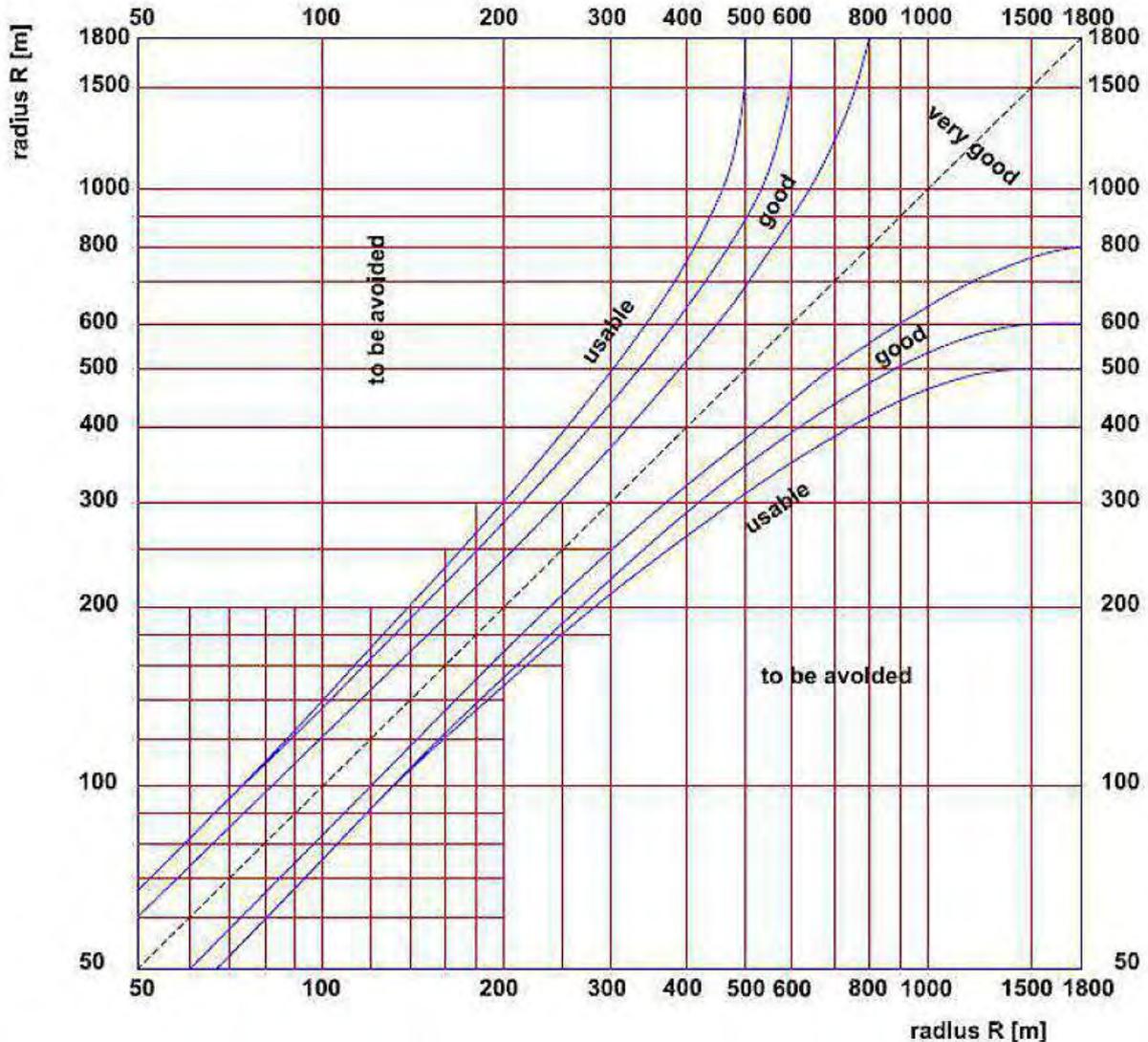
Nota. Adaptado de MRRD (2020).

Algunos criterios de consistencia en la implementación de curvas horizontales:

- Curvas inversas: son aquellas que inician donde termina otra en el sentido opuesto. Este tipo de curvas genera dificultad al conductor para mantener al vehículo en su carril y en diseño no se puede desarrollar adecuadamente el peralte requerido en la curva; ante esto, la solución ideal es realinear la vía, pero en el caso de que no se pueda se debe utilizar señales de seguridad vial.
- Curvas horizontales compuestas o consecutivas: son las que siguen un mismo sentido y la distancia entre el término de una y el inicio de la otra, es menor que el radio de la curva más grande. Este tipo de curvas permite adaptar el trazo al terreno, pero si el radio de dichas curvas difiere bastante pueden generar problemas de seguridad y comodidad, ya que el conductor no espera encontrarse con un cambio de radio mientras transitan una curva. Entonces la adecuada relación entre radios de curvas compuestas en vías de baja velocidad,

no mayor a 80 km/h, a utilizar será aquella que caiga en las zonas de *very good*, *good* y *usable* (ver Figura 26).

Figura 26. Relación adecuada entre radios de curvas compuestas



Nota. Adaptado de MRRD (2020).

- Curvas aisladas por tramos largos y rectos o al final de una serie de curvas suaves: generan problemas cuando las curvas aisladas tienen un radio cercano al mínimo, ya que independientemente de la velocidad de diseño, las velocidades en tramos largos y rectos los conductores tienden a viajar a velocidades relativamente altas. Entonces en estos casos se aconseja no usar los radios mínimos o anchos de calzada mínimas.
- Colocar una curva horizontal de radio mínimo: en o cerca de curvas verticales, puede generar accidentes debido a que puede ser inesperada por el conductor, en especial en la noche; en o cerca a intersecciones y/o accesos a puentes, puede dar la percepción equivocada de la longitud de la curva al conductor; en

o cerca de grandes rellenos, puede reducir la percepción del conductor debido a la falta de características circundantes.

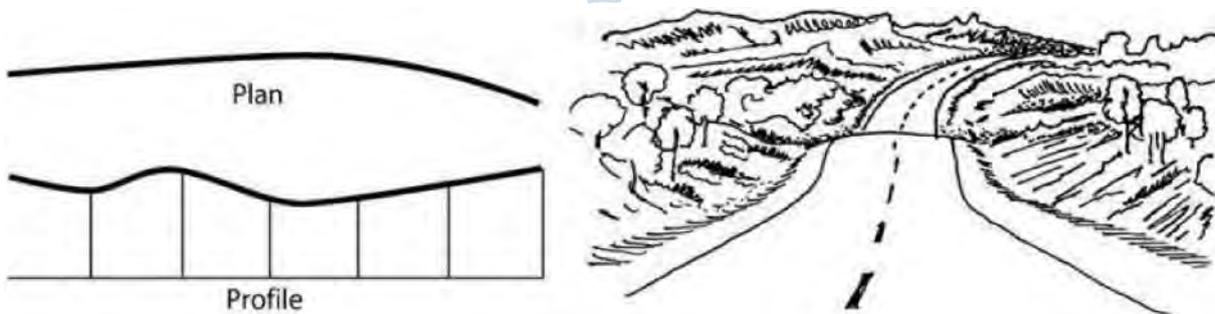
- Adelantar en curvas de cualquier radio, por lo que la longitud de las curvas debe ser cercana al radio mínimo de la velocidad de diseño, para maximizar las longitudes de vías en tramos rectos. Haciéndose notar, que tramos muy largos en terrenos planos pueden ser monótonos y provocan deslumbramiento de faros en la noche, por lo que se recomienda una alineación sinuosa con tramos rectos desviados de 5° a 10° alternados de derecha a izquierda.
- Complementariedad de elementos geométricos: se trata de que, al combinar los elementos básicos, estos sean complementarios y no brinden condiciones desconocidas o inseguras. Uno de los casos típicos a considerar es la coordinación de las curvas verticales y horizontales, por ejemplo, es mejor que las curvas horizontales y verticales coincidan (ver Figura 27), ya que al no coincidir se sorprende al conductor llevándolo a ejecutar posibles maniobras inseguras (ver Figura 28).

Figura 27. Coordinación adecuada de curvas verticales y horizontales



Nota. Adaptado de MRRD (2020).

Figura 28. Descoordinación de curvas verticales y horizontales



Nota. Adaptado de MRRD (2020)

3.6.2.2 Peralte. El peralte debe estar entre 4% a 6%, de preferencia 4% debido a que las pendientes mayores no se mantienen durante la vida útil de vías no pavimentadas, principalmente cuando se tiene grava pobre o en zonas secas. Además, no es necesario el uso de curvas de transición en cuanto el radio de curva horizontal es grande o cuando la velocidad de diseño es menor o igual a 80 km/h. Considerando lo indicado solo será necesario aplicar una longitud de transición de bombeo en tramo recto y una longitud de transición de peralte distribuida entre un 50% a 75% en tramo recto y el resto dentro de la curva horizontal.

Para determinar la longitud de transición de bombeo o la longitud de transición se debe usar la Tabla 45 que está en función de la velocidad, haciendo notar que solo es aplicable al peralte y bombeo que varía entre 4% a 6%.

Tabla 45. Longitud de transición de peralte y bombeo

Velocidad de diseño, km/h	30	40	50	60	70	80
Longitud de transición, m	25	30	40	55	65	80

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

3.6.2.3 Sobreancho. Exceptuando a las carreteras tipo 1, en la Tabla 46 se muestran los sobreanchos mínimos recomendados para los demás tipos. Este sobreancho siempre se debe colocar en la parte interior de la curva. El desarrollo de sobreancho se debe dar igual que el peralte.

Tabla 46. Sobreanchos en curvas horizontales

	Vías de un carril				Vías de dos carriles			
Radio de curva horizontal, m	20	30	40	60	<50	51-150	151-300	301-400
Sobreancho, m	1.5	1	0.75	1.5	1.5	1	0.75	0.5

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

3.6.2.4 Distancia visual

3.6.2.4.1 Distancia de parada. Es la distancia depende de la velocidad del vehículo, la superficie de rodadura y la pendiente de la carretera (ver Ecuación 49).

$$d = 0.278 \times t \times V + \frac{V^2}{254 \times (f + \frac{g}{100})}$$

Ecuación 49

Donde:

d: distancia de parada, m.

t: tiempo de reacción del conductor, 2.5 s.

V: velocidad inicial, km/h.

f: coeficiente de fricción longitudinal entre los neumáticos y la superficie de rodadura.

g: pendiente (en bajada es negativo), %.

Se debe considerar que para velocidades inferiores a 50 km/h la pendiente no afecta de manera significativa a la distancia de parada, además, la tasa de accidentes aumenta en climas húmedos, a pesar de que se suele suponer que los conductores conducirán más lento en superficie de rodadura húmeda.

Para carreteras sin pavimentar, condiciones climáticas secas y en terreno plano los valores de distancias de parada recomendados son los mostrados en la Tabla 47. Para zonas montañosas y escarpadas los valores de dicha tabla se deben aumentar en un 10%.

Tabla 47. Distancia de parada mínima para carreteras sin pavimentar y orografía plana

Velocidad de diseño (km/h)	20	30	40	50	60	70	80
Coeficiente de fricción longitudinal	0.34	0.32	0.3	0.28	0.26	0.25	0.24
Distancia visual de parada (m)	20	30	50	70	95	125	160

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

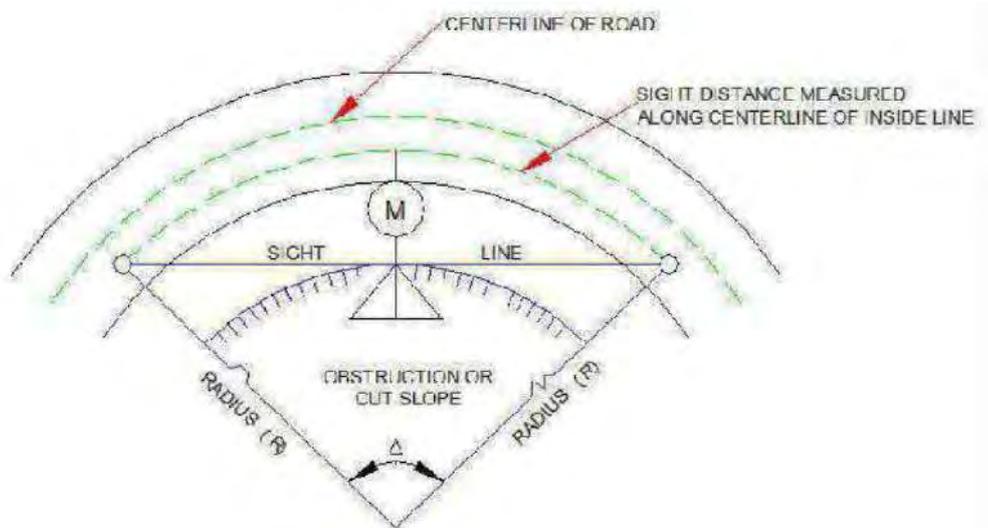
3.6.2.4.2 Distancia de encuentro. En el caso de vías de un solo carril, se ha visto que el comportamiento de los conductores es ir más rápido de la velocidad señalizada, por lo que sería peligroso que dos vehículos que viajan en direcciones opuestas no se puedan ver, aunque en este tipo de carreteras los encuentros sean raros, se debe prever distancias visuales adecuadas para evitar choques. Por este motivo la distancia visual de encuentro debe ser igual al doble de la de parada, en caso de que no se cuente con el espacio suficiente, se recomienda las siguientes alternativas:

- Eliminar obstáculos de visión como árboles y arbustos, más no la vegetación debido a que crece rápido.
- Agregar un margen de seguridad de 20 o 30 m, a la distancia de parada.
- Construir una vía de dos carriles.

Para una adecuada visión de parada entre dos vehículos que van en direcciones opuestas en curvas horizontales, es necesario eliminar obstáculos que se pueden presentar en la zona interior de la curva. Para dicho fin se debe utilizar los conceptos de línea de visión

y la distancia libre de obstrucción (M), mostrados en la Figura 29 y evaluadas según la Ecuación 50 y Ecuación 51 respectivamente.

Figura 29. Distancia visual en curvas horizontales



Nota. Adaptado de MRRD (2020).

$$S = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Ecuación 50

$$M = R \times \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right)$$

Ecuación 51

Donde:

R: Radio de curvatura, m.

S: Longitud de línea de visión, m.

Δ : Ángulo de deflexión, °.

3.6.2.4.3 Distancia de adelantamiento. En carreteras de un solo carril, no es posible realizar maniobras de adelantamiento, salvo que sea en lugares designados, como plazoletas. Para carreteras de dos carriles o calzadas mayores o iguales a 4.5 m, se recomienda utilizar el criterio de la distancia requerida para que un vehículo aborte con seguridad la maniobra de adelantamiento si ve que aparece un nuevo vehículo en sentido opuesto (ver Tabla 48).

Tabla 48. Distancia de adelantamiento para permitir el aborto seguro de la misma

Velocidad de diseño, km/h	30	40	50	60	70	80
Distancia de adelantamiento, m	115	135	155	180	210	240

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

Debido a temas financieros muchas veces no se puede habilitar las distancias de adelantamiento en toda la vía, por lo que se debe tener una oportunidad de adelantamiento cada cierta distancia (ver Tabla 49).

Tabla 49. Longitud de tramo máxima por cada oportunidad de adelantamiento, m

Velocidad de diseño, km/h		30	40	50	60	70	80
Orografía	Plana y ondulada	780	1100	1380	1680	1940	2200
	Montañosa	1300	1833	2300	2800	3233	3667
	Escarpada	0					

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

3.6.3 Alineamiento vertical

3.6.3.1 Pendientes. Para caminos con grava la pendiente deseable será 6% y la pendiente máxima debe ser 7%.

3.6.3.2 Curvas verticales

3.6.3.2.1 Curvas convexas. La longitud mínima de este tipo de curva está definida por la Ecuación 52 y Ecuación 53. Se hace notar que no admite el adelantamiento de vehículos, debido a que no resulta económica su habilitación.

Si $S \leq L$:

$$L_m = \frac{G \times S^2}{200 \times (h_1^{0.5} + h_2^{0.5})^2} \quad \text{Ecuación 52}$$

Si $S > L$:

$$L_m = 2 \times S - \frac{200 \times (h_1^{0.5} + h_2^{0.5})^2}{G} \quad \text{Ecuación 53}$$

Donde:

Lm: mínima longitud de la curva convexa, m.

S: distancia de parada, m.

h1: altura de la superficie a los ojos del conductor, 1.05 m.

h2: altura del objeto, 0.2 m.

G: diferencia de pendientes, con su signo, %.

3.6.3.2.2 Curvas cóncavas. Se tienen dos casos de longitud de curvas cóncavas: cuando se tiene zonas bien iluminadas y donde la única fuente de iluminación son los faros de vehículos. En la Tabla 50 se muestran los parámetros K para determinar la longitud de las curvas cóncavas en carreteras no pavimentadas, para ambos casos. Como la longitud para la distancia de los faros es el doble de la longitud para la comodidad del conductor, se recomienda utilizar el criterio de comodidad del conductor, ya que utilizar la otra longitud encarecería el proyecto, además, se supone que la velocidad de viaje en las noches es mucho menor que en el día.

Tabla 50. Valores de K para curvas cóncavas en carreteras sin pavimentar

Velocidad de diseño (km/h)	30	40	50	60	70	80
K para la comodidad del conductor	0.7	1.3	2.2	3.5	4.8	7.5
K para la distancia de los faros	5	9	14	19	25	32

Nota. Adaptado de MRRD (2020).

Se hace la anotación que el cómputo de los factores K mostrados en la tabla anterior son calculadas bajo las ecuaciones mostradas en el apartado 3.5.3.2.2.

3.6.4 Plazoletas de cruce

Las carreteras tipo 1 y 2 admiten el uso de un carril sin bermas, pero con la implementación de plazoletas de cruce. Dichos casos son utilizados donde no es viable económicamente colocar una vía de mayor nivel, además, este tipo de vía permiten el tránsito bidireccional ya que hay poca probabilidad de que dos vehículos se encuentren, y las maniobras de adelantamiento se realizarán a velocidades bajas en plazoletas de cruce o ensanchamientos locales, especialmente en curvas.

Se recomienda que el ancho del carril sea de 3.5 m y cuando sea factible se puede utilizar bermas de 0.5 m sin pavimentar, para que la calzada haga frente a los encuentros y adelantamientos ocasionales.

Como alternativa se puede usar plazoletas de cruce, donde el ancho combinado de la calzada y la plazoleta debe ser de 5.5 m en una longitud de 5 m o 10 m en caso exista la

probabilidad que lo utilicen buses o camiones de un eje, ubicadas a intervalos variables entre 300 o 500 m, buscando adecuadas distancias de parada y retrocesos a la plazoleta anterior. Además, el cambio de ancho de calzada debe hacerse de manera gradual en una longitud mínima de 5 m a cada extremo de la plazoleta.

Estos criterios también son aplicables a vías tipo 2 y 3, con una longitud de 25 m para la plazoleta de cruce.





Capítulo 4

Análisis comparativo y desarrollo de recomendaciones al manual peruano

En el presente acápite se comparan las recomendaciones citadas en el Capítulo 3, sin embargo, no se considera lo dispuesto por el Manual DG 2018, pues no cuenta con parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables, por lo que en este apartado al mencionar MTC se hará referencia a lo indicado por el MDCNPVT.

A partir de las recomendaciones dadas por AASHTO, ARRB, MRRD y MTC, se realiza un análisis comparativo de los parámetros de diseño geométrico, de los cuales se eligen aquellos parámetros que garanticen la seguridad vial activa adecuada. La elección de los parámetros se efectúa en función de la relación de las tasas de accidentes vistas en el apartado 2.4, puesto que permiten conocer las dimensiones más seguras que un parámetro puede presentar.

Las recomendaciones dadas en este acápite serán para trochas que tengan las siguientes características:

- Índice medio diario anual menor a 200 veh/día.
- La vía puede ser afirmada o no.
- Vehículos de diseño con dimensiones acorde a lo indicado en la Tabla 41, y en caso se tenga vehículos con mayores dimensiones, no deben superar el 10% del IMDA.

4.1 Sección transversal

Los parámetros recomendados por las normas vistas en el Capítulo 3 para el diseño geométrico de la sección transversal de trochas carrozables se resumen en la Tabla 51, de dichos parámetros en la Tabla 52 se muestran aquellos que cumplen con los criterios de seguridad activa, listados a continuación:

- El MRRD (2020) limita la cantidad de vehículos largos y pesados, en función de la demanda de tráfico presente en la zona de estudio, con el fin de que las dimensiones de los elementos geométricos de la vía sean capaces de permitir el tránsito adecuado de dichos vehículos.

- El ancho de calzada, bermas y plazoletas están estrechamente relacionadas, debido a que la utilización de esta última genera puntos específicos de cruce o adelantamiento, y el resto de la vía es estrecha para que los conductores se vean forzados a reducir la velocidad, con ello se reduce la probabilidad de accidentes ya que los vehículos opuestos tendrán tiempo para evitar chocar (MRRD, 2020). Dicho comportamiento es consistente con los hallazgos encontrados por la *Federal Highway Administration* (1994) y Hossain (2016), puesto que indican que un ancho total (carril más bermas) de 18 ft o un ancho de carril de 12 ft brindan la menor tasa de accidentes en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, respectivamente (para mayor detalle ver apartado 2.4.2). Siendo dichos valores los mismos que recomienda el MRRD (2020), puesto que indica que cuando se utiliza plazoletas el ancho de calzada es 3.5 m y cuando no se utiliza plazoletas se debe considerar bermas que en conjunto con el ancho de carril hacen un total de 5.5 m (ver Tabla 51).
- En la Tabla 51 se aprecia que el ARRB (2020) recomienda hasta anchos totales (calzada y bermas) de 9 m, a diferencia del AASHTO (2019) y el MRRD (2020) que solo llegan a 6 m o 5.5 m, respectivamente; en ambos casos la seguridad no se ve comprometida ya que de los hallazgos de la *Federal Highway Administration* (1994) se sabe que cuando el ancho total de la vía es menor a 6.5 m o mayor a 9.1 m se tiene menor tasa de accidentes que cuando se utilice valores entre dichos límites (ver apartado 2.4.2). El ARRB (2020) recomienda anchos totales relativamente altos, debido a que busca proporcionar la geometría necesaria para el tránsito de vehículos muy largos y pesados de 17 m a más (ver Tabla 38), mientras que el AASHTO (2019) y el MRRD (2020) limitan sus carreteras de bajo volumen de tránsito no pavimentadas a vehículos ligeros y vehículos largos y pesados de no más de 12.8 m (ver Tabla 38), los cuales son más adecuados con el uso de trochas carrozables.
- El MTC (2008) respecto a los anchos de calzada y uso de plazoletas, superpone los criterios mencionados por los otros manuales, por ejemplo, indica anchos de calzada de 3.5 a 6 m, y a la vez indica usar plazoletas (ver Tabla 51), lo cual no está mal desde el punto de vista de la seguridad, sin embargo, el MRRD (2020) indica que colocar plazoletas en calzadas mayores a 4.5 m no sería adecuado, puesto que los conductores pueden realizar maniobras de adelantamiento o cruce en la misma calzada.
- De los hallazgos de Dart & Mann (1970) y de Austroads (2016), vistos en el apartado 2.4.4, se sabe respectivamente, que a mayor bombeo menor es la tasa de accidentes y que para el caso de vías no pavimentadas el bombeo mínimo era 3 %, sin embargo, ARRB (2020), AASHTO (2019) y el MRRD (2020) coinciden que es mejor utilizar bombeos entre 4 a 6 % ya que valores mayores

no se mantienen en el tiempo de vida útil de este tipo de vías y valores menores no permitirían adecuado drenaje. Observe que el ARRB y Austroads son organizaciones colaboradoras en temas técnicos de carreteras, y que con la estandarización de parámetros de diseño geométrico para carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, con el paso de algunos años se van afinando los valores de diseño, en este caso se corrigió un bombeo de 3 % a 4 %, de la misma manera este trabajo busca promover una primera estandarización de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables y en un futuro se mejoren dichos estándares a fin de asegurar la seguridad de los usuarios de dichas carreteras.



Tabla 51. Comparación de parámetros de la sección transversal

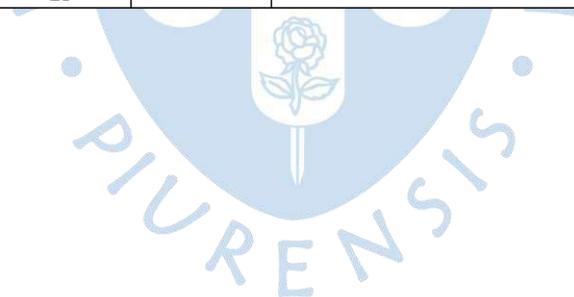
Manual	Número máximo de vehículos largos y pesados	IMDA, veh/día	Orografía	Máxima velocidad de diseño, km/h	Ancho de carril o ancho de calzada de acuerdo al caso, m	Ancho de bermas, m		Número de carriles	Bombeo, %	Plazoletas
						Sin plazoleta	Con plazoleta			
MTC	-	<15	-	50	3.5 m de calzada con plazoleta de cruce.	0.5 m, con pendiente mínima de 4 % y diferencia máxima de 7% entre peralte de vía y pendiente de berma.		1	2 a 3	Usadas en vías de un carril, ubicadas como mínimo cada 500 m.
	-	16 a 50	-	60	Ancho de calzada en tráfico liviano con plazoleta de cruce: 3.5 m hasta 20 km/m, 4 m hasta 30km/h y el resto 5.5 m. Ancho de calzada en tráfico pesado: 5 m hasta 20 km/m, 5.5 m hasta 40km/h y el resto 6 m.			1 a 2		
	-	51 a 100	-	60	5.5 m de ancho de calzada en tráfico liviano con plazoleta de cruce. Ancho de calzada en tráfico pesado: 5.5 m hasta 30 km/m y el resto 6 m.			1 a 2		
	-	101 a 200	-	60	Ancho de calzada en tráfico liviano con plazoleta de cruce: 5.5 m hasta 30 km/h y el resto 6 m. 6 m de ancho de calzada en tráfico pesado.			1 a 2		
AASHTO	-	<200	-	60	Con plazoletas de cruce e IMDA menor a 100 veh/día, el ancho de calzada más bermas debe estar entre 3 a 4.3 m. Sin plazoletas de cruce e IMDA monor a 200 veh/día, dicho ancho debe ser mínimo 5.4 m.			-	2 a 6%	Se debe usar cuando existan vehículos con ancho mínimo de 2.6 m, agregando 2 m como mínimo al ancho de calzada.
				80	Sin plazoletas de cruce el ancho de calzada más bermas debe ser mínimo 6 m.			2		
ARRB	-	<10	Plana	-	3 m de carril.	0	-	1	4	
			Ondulada	-	3 m de carril.	0	-	1	4	
			Montañosa	-	3 m de carril.	0	-	1	4	
	-	10 a 50	Plana	60	3 m de carril.	1.5	-	1	5	
			Ondulada	40	3 m de carril.	1	-	1	5	
			Montañosa	20	3 m de carril.	0.5	-	1	5	
	-	50 a 150	Plana	70	3 m de carril.	0.5	-	2	5	
			Ondulada	50	3 m de carril.	0.5	-	2	5	
			Montañosa	30	3 m de carril.	0.5	-	2	5	
	-	150 a 200	Plana	80	3.5 m de carril.	1	-	2	5	
			Ondulada	70	3 m de carril.	1	-	2	5	
			Montañosa	50	3 m de carril.	0.5	-	2	5	
MRRD	10	<50	Plana	60	3.5 m de calzada.	0.5	0 a 0.5		4 a 6 %, 4% cuando se prevee deterioro rápido de la superficie de rodadura como grava pobre o zonas secas.	La longitud de la plazoleta debe mantener como mínimo 5.5 m de ancho (incluye calzada, berma y plazoleta), además, de considerar un desarrollo gradual en la entrada y la salida de 5 m como mínimo. La longitud de la plazoleta tomará los siguientes valores: - Entre 5 a 10 m, para IMDA <50 veh/día. - La longitud mínima debe ser 25 m para IMDA entre 50 a 150 veh/día. - Para IMDA entre 150 a 200 veh/día, no se requiere plazoletas.
			Ondulada	40						
			Montañosa	30						
			Escarpada	20						
	20	50 a 150	Plana	60	3.5 m a 4.5 m de calzada.	0.5	0 a 0.5			
			Ondulada	50						
			Montañosa	35						
			Escarpada	20						
	-	150 a 200	Plana	70	4.5 m a 5.5 m de calzada.					
			Ondulada	60						
			Montañosa	45						
			Escarpada	25						

Nota. Elaboración propia.

Tabla 52. Parámetros recomendados para el diseño geométrico de la sección transversal

Manual	Número máximo de vehículos largos y pesados	IMDA, veh/día	Orografía	Máxima velocidad de diseño, km/h	Ancho de calzada, m	Ancho de bermas, m Bombeo igual a la calzada		Bombeo, %	Plazoletas de cruce o adelantamiento
						Sin plazoleta	Con plazoleta		
LVRR	10	<50	Plana	60	3.5 m de calzada.	0.5	0 a 0.5	4 a 6 %, 4% cuando se prevee deterioro rápido de la superficie de rodadura como grava pobre o zonas secas.	Las plazoletas de cruce deben estar distanciadas alrededor de 500 m, siempre buscando una adecuada visibilidad. La longitud de la plazoleta debe mantener como mínimo 5.5 m de ancho (incluye calzada, berma y plazoleta), además, de considerar un desarrollo gradual en la entrada y la salida de 5 m como mínimo. La longitud de la plazoleta tomará los siguientes valores: - Entre 5 a 10 m, para IMDA <50 veh/día. - La longitud mínima debe ser 25 m para IMDA entre 50 a 150 veh/día. - Para IMDA entre 150 a 200 veh/día, no se requiere plazoletas.
			Ondulada	40					
			Montañosa	30					
			Escarpada	20					
	20	50 a 150	Plana	60	3.5 m a 4.5 m de calzada.	0.5	0 a 0.5		
			Ondulada	50					
			Montañosa	35					
			Escarpada	20					
		150 a 200	Plana excepcional	80	5.5 a 6.1 m de calzada.	-			
			Plana	70	4.5 m a 5.5 m de calzada.				
			Ondulada	60					
			Montañosa	45					
Escarpada	25								

Nota. Elaboración propia.

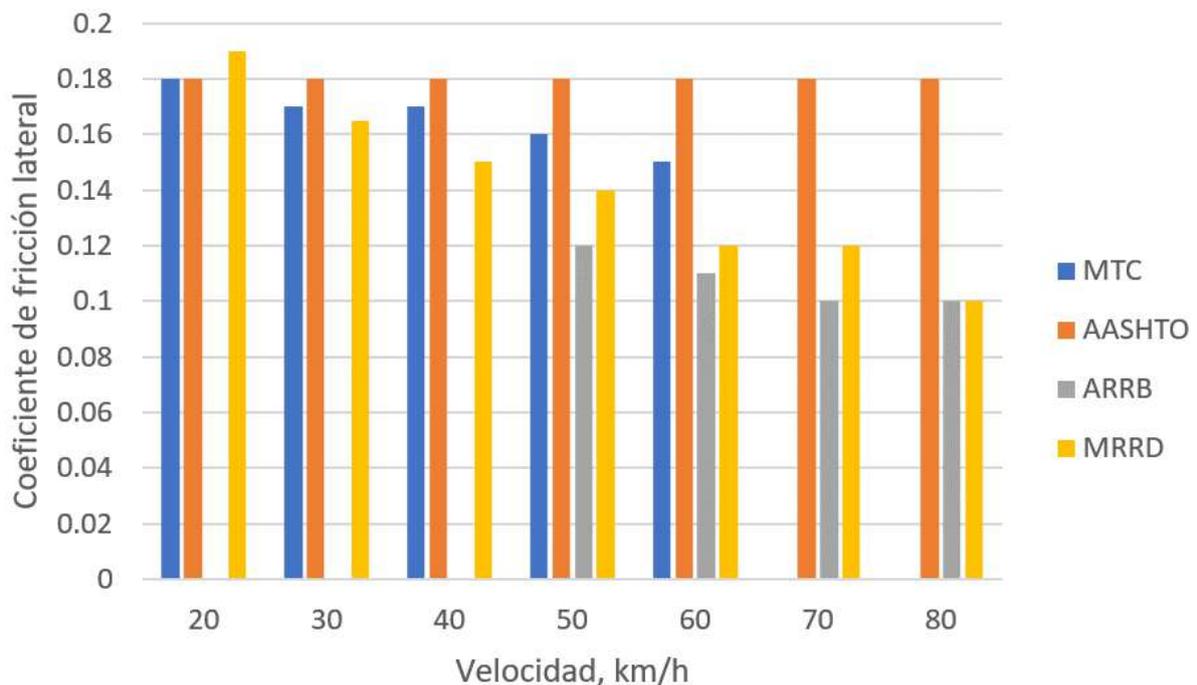


4.2 Alineamiento horizontal

4.2.1 Radio mínimo de curva horizontal

El MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020) recomiendan la misma ecuación para determinar el radio mínimo de curva horizontal (ver Ecuación 25, Ecuación 27, Ecuación 37 y Ecuación 48), donde el radio depende y es inversamente proporcional al coeficiente de fricción lateral. Dichos coeficientes difieren entre cada manual tal como se aprecia en la Figura 30, sin embargo, para ser consistentes con los hallazgos de Hossain (2016) en la que encontró que a mayor es el radio menor es la tasa de accidentes (ver apartado 2.4.4), de los coeficientes recomendados de la Figura 30 resulta más adecuado adoptar los menores coeficientes de fricción lateral (ver Tabla 53), ya que a menor coeficiente mayor será el radio de curva horizontal y como consecuencia menor será la tasa de accidentes. Para el caso de condiciones distintas grava, roca o tierra, solo AASHTO recomienda coeficientes de fricción lateral (ver Tabla 29), en tal sentido estos serán los adoptados en este trabajo de investigación.

Figura 30. Comparación de coeficientes de fricción lateral para grava, roca o tierra en condición mojada



Nota. Elaboración propia.

Tabla 53. Coeficientes de fricción lateral recomendados

Velocidad, km/h		20	30	40	50	60	70	80
Tipo de superficie de rodadura	Grava compactada o suelta, roca triturada y tierra; en condición mojada	0.18	0.165	0.15	0.12	0.11	0.10	0.10
	Nieve	Compactada seca	0.1 – 0.275					
		Poco compactada	0.05 – 0.30					
		Ligeramente ligada	0.145 – 0.155					
	Ligeramente ligada con cadenas en uso	0.17						

Nota. Elaboración propia.

El ARRB (2020) indica que, en pendientes pronunciadas el radio mínimo de curvatura debe aumentarse en un 10%, por cada aumento del 1% en pendientes mayores al 3% (ver Ecuación 38).

4.2.2 Peralte

ARRB (2020) y MRRD (2020) recomiendan utilizar un peralte mayor a 4 % con la finalidad de obtener una adecuada escorrentía de aguas superficiales y un peralte menor al 6% para evitar que los vehículos pesados que viajan a velocidades bajas se desvíen hacia el interior de la curva y reducir el desgaste de la superficie de rodadura. En tal sentido, resulta más adecuado adoptar los peraltes recomendados por ARRB y MRRD, debido a que los peraltes recomendados por AASHTO y MTC son mucho mayores a los recomendados por el ARRB y MRRD (ver Tabla 54) por lo que su uso tendría como consecuencia los problemas descritos anteriormente.

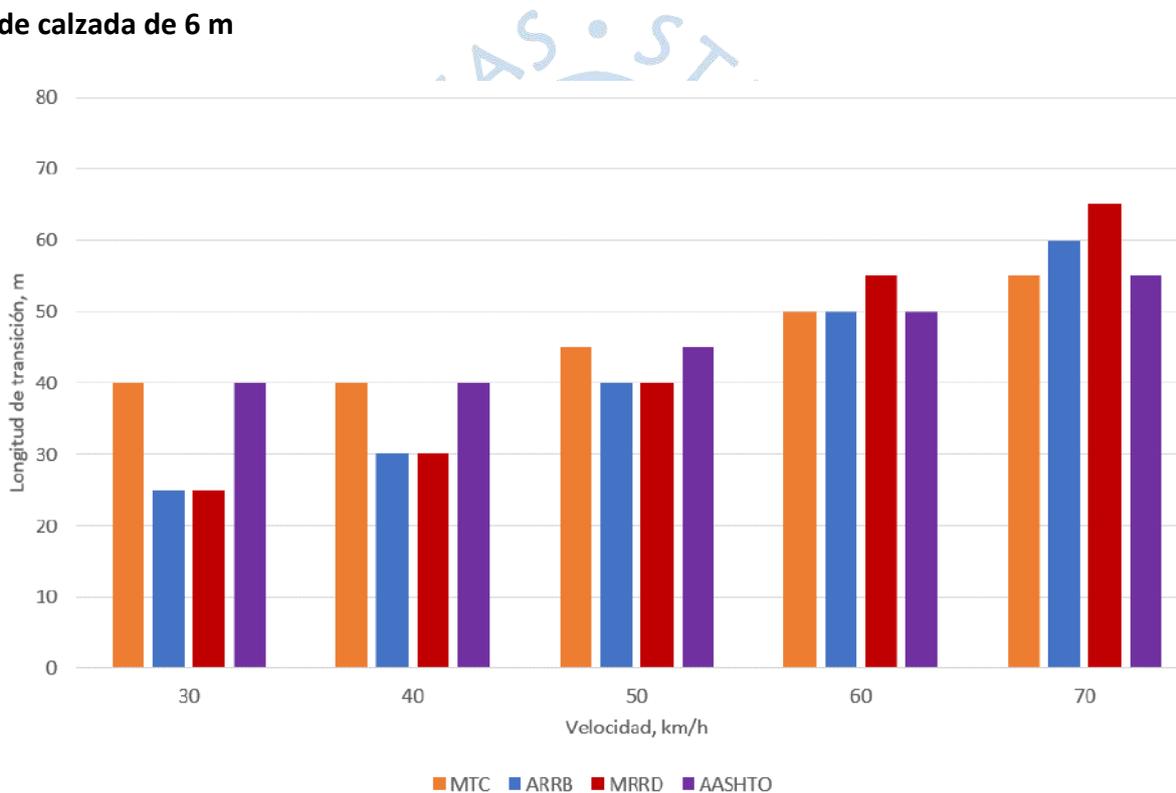
Tabla 54. Comparación de peraltes máximos

Manual	Peralte	Casos especiales
MTC	4%-10%	Carreteras afirmadas bien drenadas: 12%
AASHTO	4%- 12%	Carreteras en condiciones de hielo: 8%
ARRB	4%-6%	-
MRRD	4%- 6%	-

Nota. Elaboración propia.

4.2.2.1 Longitud de transición. El MTC (2008) y AASHTO (2019) indican que el uso de curvas de transición es opcional en carreteras de bajo volumen de tránsito no pavimentadas, mientras que el ARRB (2020) y MRRD (2020) indican que no es necesario el uso de curvas de transición en carreteras de bajo volumen de tránsito no pavimentadas, debido al bajo volumen de tránsito, las condiciones de superficie y requisitos de mantenimiento. En tal sentido, solo se proveerá una longitud de transición que pase del bombeo normal al peralte de las curvas horizontales, en la Figura 31, se muestra la comparación de longitudes de transición recomendadas por MTC, AASHTO, ARRB y MRRD donde se observa que el ARRB recomienda valores promedio en comparación del resto, por ello se adopta sus recomendaciones (ver apartado 3.5.2.2.2).

Figura 31. Comparación de longitud de transición, en base a un bombeo de 5 % y un ancho de calzada de 6 m



Nota. Elaboración propia.

4.2.3 Sobreancho

El MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020) indican que el sobreancho es un complemento del radio de curvatura horizontal para permitir el tránsito vehicular de manera cómoda y segura, es decir, si se quiere utilizar un radio de curvatura pequeño se requiere un sobreancho mayor para asegurar la seguridad de los usuarios, en tal sentido, de los hallazgos de Hossain (2016) se tiene que a mayor radio horizontal menor es la tasa de accidentes (ver apartado 2.4.4), entonces, a mayor sobreancho menor es la tasa de accidentes. Por ello, resulta más adecuado adoptar la Ecuación 30 recomendada por AASHTO para el cómputo de sobreancho, ya que de la

Tabla 55 se observa que sus sobreanchos resultan en promedio más conservadores en comparación con el resto.

Tabla 55. Comparación de sobreanchos bajo un ancho de calzada de 6 m, velocidad de 30 km/h, radios menores a 80 m y vehículos tipo bus (ver Tabla 41)

Radio de curvatura, m	Sobreancho, m			
	MTC	AASHTO	ARRB	MRRD
20	4.95	3.17	2	1.50
30	3.31	2.18	2	1.50
40	2.53	1.69	2	1.50
50	2.06	1.39	2	1.50
60	1.74	1.19	1.50	1
80	1.35	0.94	1.50	1

Nota. Elaboración propia.

4.2.4 Distancia de visibilidad

4.2.4.1 Distancia de parada. Para el cómputo de la distancia de parada resulta más adecuado utilizar la Ecuación 31 recomendada por AASHTO, con un tiempo de reacción de 2 s y una desaceleración de 4.1 m/s², debido a que Fambro et al. (1997) y Neuman (1999) demuestran que en carreteras con volúmenes menores a 400 veh/día, aumentar la distancia de parada recomendada por AASHTO no reduce de manera significativa la frecuencia y gravedad de accidentes (para más detalle ver apartado 3.4.2.4.1).

El MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020) recomiendan una misma formulación para el cómputo del espacio libre de obstrucción en curvas horizontales, por ello dicha dimensión se computará de acuerdo con la Ecuación 32. Dichos manuales indican que este espacio libre busca asegurar la distancia visual en las curvas horizontales, por lo que, cuando se realiza un análisis de distancia visual por el método gráfico con ayuda del software AutoCAD Civil 3D o similares, la línea de visión deberá aplicarse solo en curvas en las que no se cumpla la distancia de visibilidad.

4.2.4.2 Distancia de encuentro

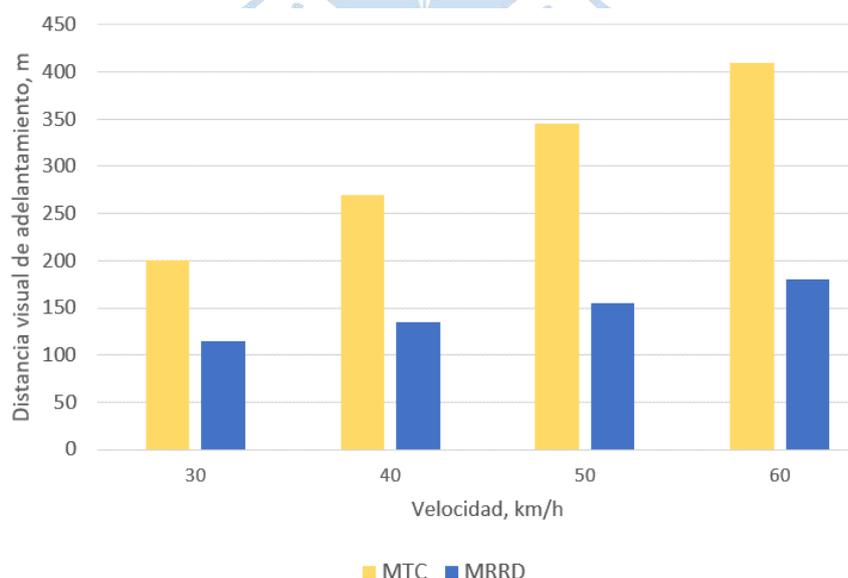
La distancia de encuentro de acuerdo con el MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020) debe tomar el valor mínimo del doble de la distancia de parada y en caso de que no se pueda implementar, se debe considerar mejoras como:

- Ensanchar la vía para dar espacio de maniobra.
- Agregar un margen de seguridad de 20 a 30 m a la distancia de parada.
- Eliminar obstáculos de visión como árboles, etc.

4.2.4.3 Distancia de adelantamiento. AASHTO y ARRB no muestran valores para distancias de adelantamiento, mientras que MRRD y MTC sí. Así mismo, solo el MRRD (2020) indica que la distancia de adelantamiento se debe utilizar solo para carreteras de bajo volumen de tránsito de dos carriles o calzadas mayores o iguales a 4.5 m, porque en carreteras de un solo carril no es posible desarrollar un adelantamiento, salvo en presencia de plazoletas.

En la Figura 32 se comparan los valores recomendados por MRRD y MTC, donde se observa que el MRRD presenta valores menores al MTC, debido a que el MRRD (2020) indica que muchas veces no es factible la aplicación de las distancias de adelantamiento en la vía, ya sea por temas económicos u otros, por ello es mejor brindar como distancia de adelantamiento, aquella distancia requerida para que un vehículo aborte con seguridad la maniobra de adelantamiento si ve que aparece un nuevo vehículo en sentido opuesto. Entonces, es más adecuado adoptar lo que recomienda el MRRD, solo a vías en las que se pueda adelantar ($IMDA > 150$ veh/día), además, se debe cumplir con la cantidad de oportunidades de adelantamiento mostradas en la Tabla 49.

Figura 32. Distancia visual de adelantamiento



Nota. Elaboración propia.

4.3 Alineamiento vertical

4.3.1 Pendiente

Los parámetros recomendados por las normas vistas en el Capítulo 3 para el diseño geométrico de pendientes de trochas carrozables se resumen en la Tabla 56, de dichos parámetros en la Tabla 57 se muestran aquellos que cumplen con los criterios de seguridad activa listados a continuación:

- El ARRB (2020) y MRRD (2020) indican que pendientes superiores a 7 % u 8%, respectivamente, terminan ocasionando caídas de tracción del vehículo, lo que conlleva a mayores dificultades de frenado o avance, incrementando así los accidentes y a subir los requerimientos de mantenimiento por el aumento de la velocidad de desgaste de la superficie de rodadura. Esto es consistente con los hallazgos encontrados por Miaou et al. (1992), debido a que indica que a partir de 8 % de pendiente la tasa de accidentes empieza a incrementar de manera significativa por cada incremento de 2 % de pendiente, y que a partir de 10 % en adelante dichos incrementos en la tasa de accidentes aumenta significativamente (ver apartado 2.4.3). En tal sentido, se considera como pendiente deseable 8 % y una pendiente máxima excepcional de 10 %.
- De la Tabla 56 se observa que el MRRD (2020) y el MTC (2008) recomiendan una pendiente mínima debido a que apoya al bombeo a evacuar las aguas superficiales de la vía.

Tabla 56. Comparación de pendientes

Manual	IMDA, veh/día	Orografía	Velocidad máxima, km/h	Pendiente máxima, %	Pendiente mínima, %	Comentarios
MTC	<200	Plana	8 % hasta 60 km/h		0.5	- Para altitudes mayores a 3000 m.s.n.n. para orografía montañosa y escarpada se reducirán las pendientes máximas en 1 %. - En curvas de radio menor a 50 m, se acepta pendientes máximas de 8 %. - Se acepta pendientes mayores a 10 % en tramos máximos de 180 m.
		Ondulada	9 % hasta 40 km/h y 8 % hasta 60 km/h			
		Montañosa	10 % hasta 40 km/h y 8 % hasta 60 km/h			
		Escarpada	12 % hasta 30 km/h, 10 % hasta 40 km/h y 8 % hasta 60 km/h			
AASHTO	No específica para vías no pavimentadas.					
ARRB	10 a 50	Plana	60	6	No específica.	En casos excepcionales se puede llegar hasta 10 % (excepto en presencia de vehículos pesados), bajo la consecuencia de acelerar el desgaste de la superficie de rodadura y con ello la seguridad de los usuarios.
		Ondulada	40	8		
		Montañosa	20	8		
	50 a 150	Plana	70	6		
		Ondulada	50	8		
		Montañosa	30	8		
	150 a 200	Plana	80	6		
		Ondulada	70	8		
		Montañosa	50	8		
MRRD	6% como valor deseable y 7 % como valor máximo, además, de ser como mínimo 0.5 %.					

Nota. Elaboración propia.

Tabla 57. Parámetros recomendados para la pendiente

Orografía	Pendientes máximas deseables, %	Pendiente máxima excepcional, %	Pendiente mínima, %
Plana	4	10 %	0.5
Ondulada, montañosa y escarpada	8		

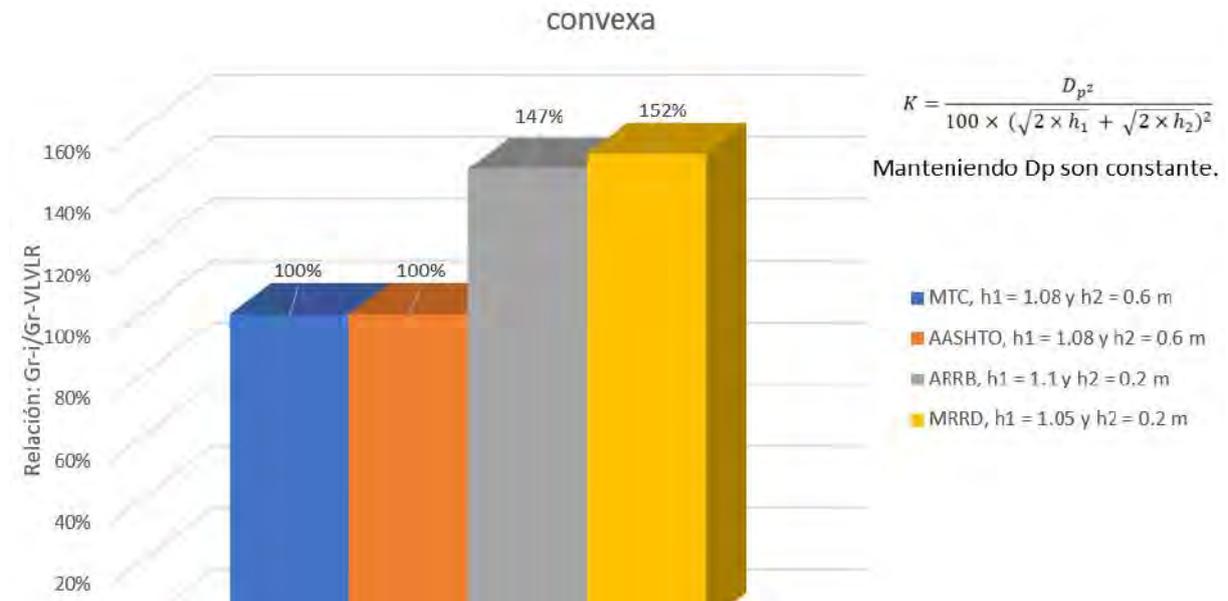
Nota. Elaboración propia.

4.3.2 Curvas verticales

4.3.2.1 Curvas convexas. Para el cómputo de la longitud de curva convexa el MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020) recomiendan las mismas formulaciones (ver Ecuación 18, Ecuación 19, Ecuación 33, Ecuación 34, Ecuación 43, Ecuación 44, Ecuación 52 y Ecuación 53), sin embargo, difieren en las alturas de la superficie al ojo del conductor (h_1) y una altura del objeto (h_2), en tal sentido se considerara más adecuado adoptar los valores recomendados por AASHTO los cuales son 1.08 m y 0.6 m respectivamente, debido a los siguientes criterios:

- Las longitudes de curvas convexas recomendadas por ARRB y MRRD son hasta 52 % más grandes que los recomendados por AASHTO y MTC, tal como se puede observar en la Figura 33. Dicha diferencia se debe a que Fambro et al. (1997) demostró que en carreteras con volúmenes menores a 400 veh/día, aumentar la distancia de parada recomendada por AASHTO no reduce de manera significativa la frecuencia y gravedad de accidentes en las curvas convexas (ver apartado 3.4.2.4.1).
- Lo indicado en el punto anterior es consistente con los hallazgos de Hossain (2016), que indican que en rangos de 100 m de longitud de curva vertical la diferencia en la tasa de accidentes no es significativa y que a mayor longitud de curva vertical menor es la tasa de accidentes (ver apartado 2.4.4). En tal sentido resulta más económico y factible construir curvas con lo recomendado por este manual, sin alejarse significativamente de la seguridad de los usuarios. Además, las longitudes recomendadas por AASHTO son las mismas que el Manual DG 2018 recomienda para carreteras de tercera clase, siendo estas últimas capaces de manejar volúmenes de hasta 400 veh/día, y las trochas carrozables tan solo manejan 200 veh/día, resultando desde el criterio de la seguridad vial algo bastante adecuado.

Figura 33. Relación entre grado de influencia de h1 y h2 sobre la longitud de curva vertical convexa



Nota. Elaboración propia.

4.3.2.2 Curvas cóncavas. El ARRB (2020) y MRRD (2020) recomiendan que la determinación de la longitud de curva vertical cóncava sea computada por el criterio de comodidad del conductor o por el criterio de los faros del vehículo, siendo las longitudes bajo el segundo criterio mayores a las obtenidas bajo el primer criterio, además, el AASHTO (2019) y MTC (2008) recomiendan utilizar el criterio de los faros. Entonces, se adopta el criterio de los faros (ver Ecuación 23 y Ecuación 24) debido a que los hallazgos de Hossain (2016) indican que a mayor longitud de curva vertical menor es la tasa de accidentes (ver apartado 2.4.4), además, el ARRB (2020) y MRRD (2020) indican que el criterio de comodidad del conductor es aplicable solo en zonas bien iluminadas, cosa que no aplica a trochas carrozables debido a que su trayectoria no suele contar con iluminación adicional a parte de los faros.

4.4 Resumen de parámetros recomendados

En la Tabla 58 se muestra el resumen práctico de todo lo discutido en el presente capítulo, en adelante los parámetros recomendados para trochas carrozables (PRTC). Para un mejor entendimiento, se clasificó las trochas carrozables según su demanda vehicular: tipo I, para 50 veh/h a menos; tipo II, entre 50 a 150 veh/d y tipo III, entre 150 a 200 veh/día.

Tabla 58. Resumen de los parámetros recomendados para trochas carrozables (PRTC)

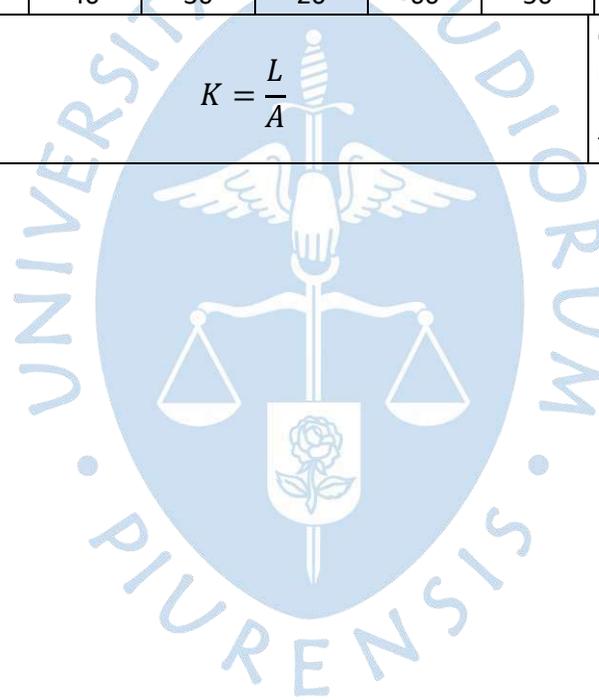
Clasificación	Tipo I				Tipo II				Tipo III				
Volumen de diseño, veh/día	<50				50 a 150				150 a 200				
Orografía	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana / Plana excepcional	Ondulada	Montañosa	Escarpada	
Velocidad de diseño máxima, km/h	60	40	30	20	60	50	35	20	70 / 80	60	45	25	
Volumen máximo de vehículos muy largos y pesados, veh/día	10% del volumen de diseño												
Volumen máximo de vehículos largo y pesados, veh/día	10				20								
Sección transversal													
Ancho de calzada, m	3.5				3.5 a 4.5				4.5 a 5.5 / 5.5 a 6.1	4.5 a 5.5			
Ancho de berma (bombeo igual a calzada) con plazoleta, m	0 a 0.5				0 a 0.5				-				
Ancho de berma (bombeo igual a calzada) sin plazoleta, m	0.5				0.5				-				
Bombeo, %	4% a 6% - Si se prevé deterioro rápido de la superficie de rodadura como grava pobre o zonas secas, se debe utilizar 4 %.												
Plazoletas de cruce o adelantamiento	Distanciadas alrededor de 500 m, siempre buscando una adecuada distancia de visibilidad. Debe mantener un ancho de 5.5 m (incluye calzada, berma y plazoleta), además, de contar con longitudes de desarrollo gradual en la entrada y la salida de 5 m como mínimo.												
	Longitud de ancho constante entre 5 a 10 m.				Longitud mínima de ancho constante 25 m.				No es necesario plazoletas.				

Clasificación	Tipo I				Tipo II				Tipo III			
Volumen de diseño, veh/día	<50				50 a 150				150 a 200			
Orografía	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana / Plana excepcional	Ondulada	Montañosa	Escarpada
Velocidad de diseño máxima, km/h	60	40	30	20	60	50	35	20	70 / 80	60	45	25
Geometría horizontal												
Radio mínimo de curva horizontal – Considerar criterios de consistencia del apartado 3.6.2.1.	$R = \left(\frac{V^2}{127 \times (n + f_l)} \right) \times \left(1 + \frac{G - 3}{100} \right), G - 3 \geq 0$							Radio mínimo de curva horizontal (R, m), velocidad de diseño (V, km/h), peralte (n, m/m), coeficiente de fricción lateral (f _l , ver Tabla 53), pendiente (G, %).				
Peralte	4% a 6 %											
Longitud de transición de peralte o bombeo	$L_d = \frac{(n_1 - n_2) \times V}{12.6}$			Longitud de transición de peralte o bombeo (L _d , m), caída transversal normal (n ₁ , %), caída transversal de peralte completo (n ₂ , %) y velocidad de diseño (V, km/h). La longitud de transición de peralte debe desarrollarse el 60 a 80 % en tramo recto y el resto en tramo curvo.								
Sobrancho en tramo curvo	$w = N \times \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + 0.1 \left(\frac{V}{\sqrt{R}} \right)$ Si w es menor a 0.5 m no es necesario.						Ensamblamiento de calzada en curva (w, m), número de carriles (N), radio de curva horizontal (R, m), distancia máxima entre ejes delantero y trasero del vehículo (L, m), y velocidad de diseño (V, km/h).					
Distancia de parada	$SSD = 0.278 \times V \times t + \frac{V^2}{254 \times \left[\frac{a}{9.81} \pm G \right]}$							Distancia de parada (SSD, m), tiempo de reacción de freno (t, 2 s), velocidad de diseño (V, km/h), desaceleración (a, 3.4 m/s ²), pendiente positiva en subida y negativa en bajada (G, m/m).				
Distancia de encuentro	Será el doble de la distancia de parada, en caso no se pueda implementar, se puede: ensanchar la vía o agregar un margen de seguridad de 20 a 30 m a la distancia de parada, junto con la eliminación de obstáculos.											
Línea de visión horizontal	$HSO = R \left[1 - \cos \left(\frac{28.65 \times SSD}{R} \right) \right]$						Línea de visión horizontal o distancia libre de obstrucción en curvas horizontales (HSO, m), radio de curva horizontal (R, m) y distancia de parada (SSD, m).					

Clasificación	Tipo I				Tipo II				Tipo III			
Volumen de diseño, veh/día	<50				50 a 150				150 a 200			
Orografía	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana / Plana excepcional	Ondulada	Montañosa	Escarpada
Velocidad de diseño máxima, km/h	60	40	30	20	60	50	35	20	70 / 80	60	45	25
									Si se verifica la distancia de visibilidad por el método gráfico con ayuda del software <i>AutoCAD Civil 3D</i> , la línea de visión deberá aplicarse solo en curvas en las que no se cumpla la distancia de visibilidad.			
Distancia de adelantamiento, solo aplica en vías sin plazoletas	Velocidad de diseño, km/h						30	40	50	60	70	80
	Distancia de adelantamiento para permitir el aborto seguro de la misma, m						115	135	155	180	210	240
	Longitud máxima por cada oportunidad de adelantamiento, m				Orografía plana y ondulada		780	1100	1380	1680	1940	2200
					Orografía montañosa		1300	1833	2300	2800	3233	3667
				Orografía escarpada		0						
Geometría vertical												
Pendiente	<ul style="list-style-type: none"> La pendiente deseable es 4 % para orografía plana y 8 % para el resto. Para cualquier tipo de orografía la pendiente máxima excepcional es 10 %. La pendiente mínima será 0.5 % en todos los casos. 											
Curvas convexas	$K = \frac{D_p^2}{100 \times (\sqrt{2 \times h_1} + \sqrt{2 \times h_2})^2}$						Longitud de curva vertical (L, m), distancia de parada (D_p , m), diferencia algebraica de pendientes (A, %), altura del ojo sobre la rasante (h_1 , 1.08 m), altura del objeto sobre la rasante (h_2 , 0.6 m) y factor K redondeado al mayor.					
Curvas cóncavas	$K = \frac{D^2}{120 + 3.5 \times D}$						Longitud de curva vertical (L, m), distancia de parada (D_p , m), distancia entre el vehículo y el punto donde					

Clasificación	Tipo I				Tipo II				Tipo III			
Volumen de diseño, veh/día	<50				50 a 150				150 a 200			
Orografía	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana	Ondulada	Montañosa	Escarpada	Plana / Plana excepcional	Ondulada	Montañosa	Escarpada
Velocidad de diseño máxima, km/h	60	40	30	20	60	50	35	20	70 / 80	60	45	25
	$K = \frac{L}{A}$						con un ángulo de 1°, los rayos de luz de los faros intersecan a la rasante (D, de manera conservadora D=D _p), diferencia algebraica de pendientes (A, %) y factor K redondeado al mayor.					

Nota. Elaboración propia.





Capítulo 5

Validación de los parámetros recomendados para trochas carrozables o PRTC

En este capítulo se evalúa un proyecto real a razón de los PRTC y los criterios de carreteras de tercera clase del Manual DG 2018, para así validar los PRTC obtenidos en este trabajo. Dicha validación consistirá en dos fases:

- Primera fase: esta fase tendrá dos objetivos el primero consiste en apreciar las diferencias que existen en el diseño geométrico de trochas carrozables y carreteras de tercera clase, y el segundo objetivo se basa en identificar los problemas de seguridad vial presente en el proyecto. Ambos objetivos se realizan por medio de un análisis comparativo entre los parámetros definidos en el proyecto con los PRTC y los criterios del Manual DG 2018.
- Segunda fase: en esta fase se realizará una propuesta de mejora al proyecto con fines netamente de seguridad vial activa.

5.1 Datos del proyecto

El proyecto elegido para esta investigación lleva como nombre: “Creación del servicio de transitabilidad del camino vecinal Emp. ca-825 (Santa Rosa) - Sahuindo - Balconcillo del distrito de Querocotillo - provincia de Cutervo - departamento de Cajamarca”, cuyo expediente técnico fue elaborado por la Municipalidad provincial de Cutervo (MPC) en el año 2021 y cuenta con un código único de inversiones (CUI) N° 2520388.

El proyecto tiene como objetivo unir las comunidades de Sahuindo y Balconcillo mejorando la calidad de servicio de transporte y la calidad de vida de los pobladores.

5.1.1 Ubicación geográfica

El proyecto se encuentra ubicado en el distrito de Querocotillo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca; cuyas coordenadas geográficas correspondientes al *Universal Transversal de Mercator* (UTM), son:

- Punto inicial (km 00+ 000):
 - Norte: 9314988.00
 - Este: 710126.00
- Punto final (km 00+ 000):
 - Norte: 9316683.00
 - Este: 709273.00
- Altitud (m.s.n.m): 1973.00

En la Figura 34 se muestra la localización del proyecto en los distintos niveles políticos, y en la se Figura 35 muestra el trazo proyectado de la vía sobre una captura satelital.

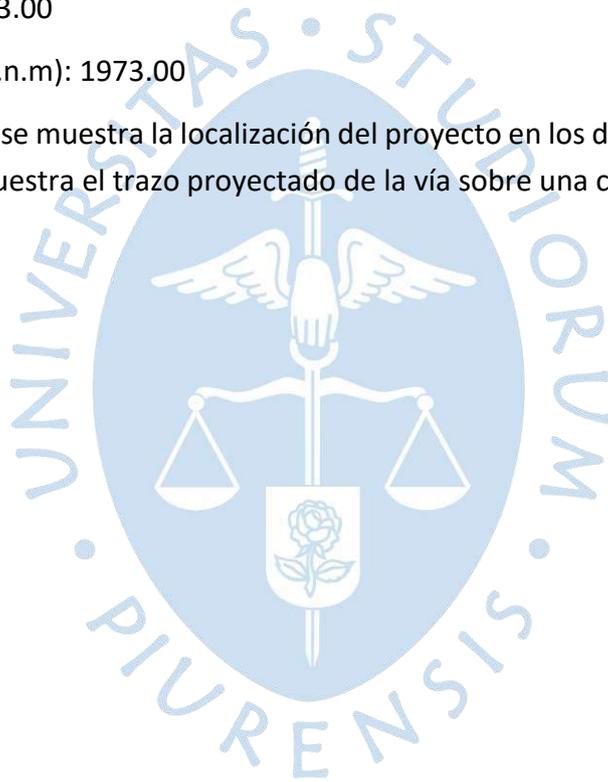
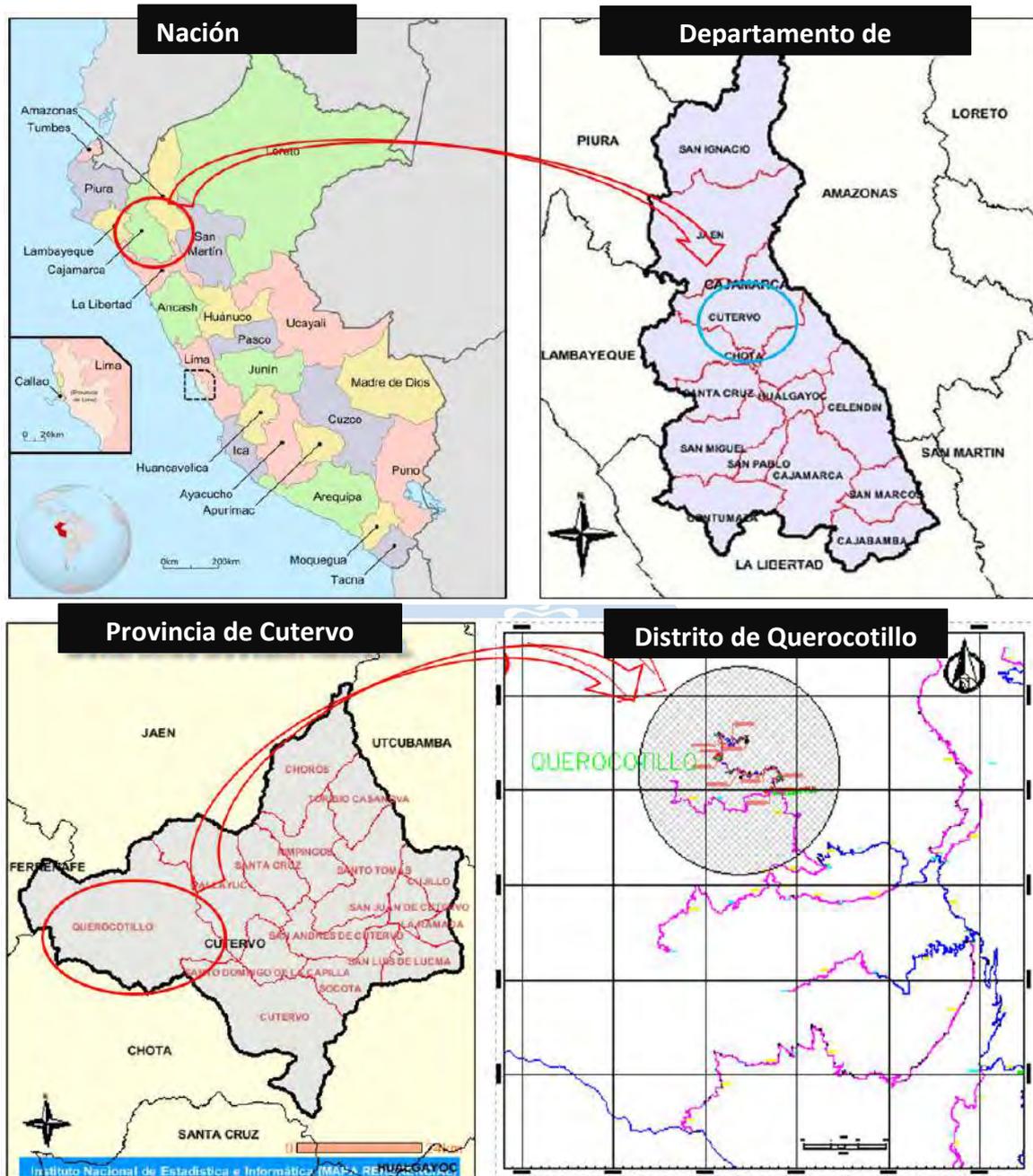
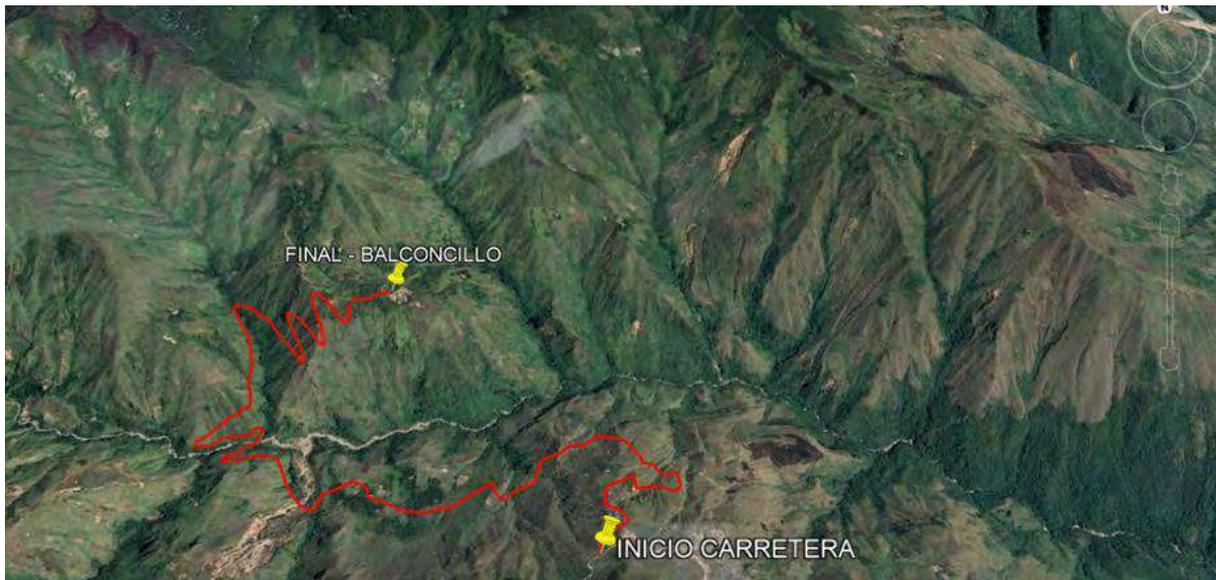


Figura 34. Localización del proyecto en los distintos niveles políticos



Nota. Adaptado del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2022).

Figura 35. Imagen satelital del trazo proyectado de la vía

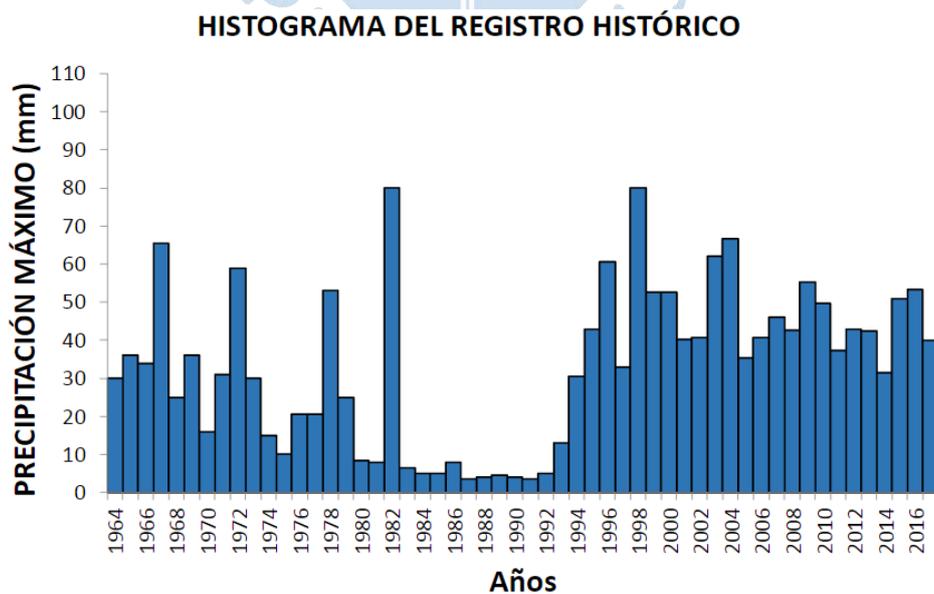


Nota. Adaptado de Google Earth (2022).

5.1.2 Clima

Según la MPC (2021), Querocotillo presenta un período de lluvia que dura siete meses, de octubre a mayo, donde el mes más lluvioso es el mes de marzo, mientras que el periodo sin lluvia se da en los meses restantes, siendo julio el mes de menos lluvia, cuenta con una temperatura promedio de 5 °C a 18 °C, la mayor se acerca a los 21 °C en el medio día y la baja se da en las mañanas con una temperatura de hasta 0 °C. Además ostenta una precipitación máxima de 80 mm/año (ver Figura 36).

Figura 36. Precipitación máxima por año



Nota. Adaptado de MPC (2021).

5.1.3 Población y estado actual de la vía

5.1.3.1 Población beneficiaria. La población beneficiaria está representada por la población total que conforma el área de atribución del proyecto (Sahuindo – Balconcillo - Barbechos), la cual en el 2017 ha contado con 262 habitantes (ver Tabla 59) y para el año 2022 muestra una población de 270 habitantes (ver Tabla 60).

Tabla 59. Población beneficiaria

CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
		Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas	Desocupadas
Balconcillo	Yunga Fluvial	91	45	46	26	26	0
Sahuindo	Yunga Fluvial	50	28	22	10	10	0
Barbecho	Yunga Fluvial	121	63	58	27	27	0
Total		262					

Nota. Adaptado de MPC (2021).

Tabla 60. Proyección de población beneficiaria al año 2022

CENTRO POBLADO / CASERIOS	AÑOS						
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Balconcillo	91	92	92	93	93	94	94
Sahuindo	50	50	51	51	51	51	52
Barbecho	121	122	122	123	124	125	125
Total	262	264	265	267	268	270	271

Nota. Adaptado de MPC (2021).

5.1.3.1.1 Condiciones de la infraestructura actual

La Infraestructura vial actual consiste en un camino de herradura en el trayecto Sahuindo- Balconcillo, el cual no cuenta con elementos definidos de diseño geométrico para carreteras como: en el drenaje no cuenta con alcantarillas, tajeas y cunetas; en obras de arte no presenta puentes, badenes y muros de contención; y su superficie de rodadura no es adecuada para el tránsito peatonal y vehicular (grava suelta, tierra y arcilla).

El camino de herradura está en un estado de poco transitable, ya que no recibe un mantenimiento adecuado para agilizar las actividades de traslado de la población beneficiaria, por lo que urge el mejoramiento de transitabilidad, a través de la apertura y mejoramiento vial de este tramo, el cual cuenta con una longitud de 7.62 km.

En la actualidad, dicho tramo solo es transitable mediante el uso de animales de carga como acémilas, burros y caballos; sin embargo, en tiempos de lluvia este camino en zonas con una superficie de tierra (presencia de arcilla) se vuelve fangoso y en zonas donde se cruza con

el río, es imposible pasar de un lugar a otro debido a la fuerte corriente de agua que este presenta, con esta situación los comerciantes y productores agrícolas presentan grandes pérdidas económicas.

5.1.4 Estudio de tráfico

Para la determinación del tráfico de diseño la unidad formuladora del proyecto determinó el tráfico inicial considerando la producción agrícola, la producción pecuaria, el transporte de pasajeros y el tráfico generado por la construcción de la vía (15%); para posteriormente proyectarlo a un tiempo de vida útil de 10 años (ver Tabla 61).

Tabla 61. Tráfico de diseño o IMDA, veh/día

Tráficos Tipo de vehículo	Tráfico normal		Tráfico generado		Tráfico de diseño
	Año 0	Año 10	Año 0	Año 10	Año 10
Combi	6	6	1	1	7
Camión C2	7	8	2	2	10
Subtotal	13	14	3	3	17

Nota. Adaptado de MPC (2021).

5.1.5 Características geométricas de la vía proyectada

La vía proyectada para conectar las comunidades de Sahuindo y Balconcillo, está compuesta por las características geométricas mencionadas en la Tabla 62.

Tabla 62. Características geométricas de la vía proyectada

Parámetros	Descripción
Carretera	
Longitud	7.62 km
IMDA	17.00 veh/día
Velocidad de diseño	25.00 km/h
Tipo de material de Superficie	Afirmado e = 0.20 m
Ancho de Calzada	4.00 m
Radio mínimo	10.00 m
Peralte Máximo	12.00 %
Pendiente Máxima	25.78%
Bombeo de calzada	2.5 %
Bombeo de la berma	4 %
Taludes	H 1: V 3

Nota. Adaptado de MPC (2021).

5.2 Fase 1: evaluación de la geometría del proyecto bajo el PRTC y el Manual DG 2018

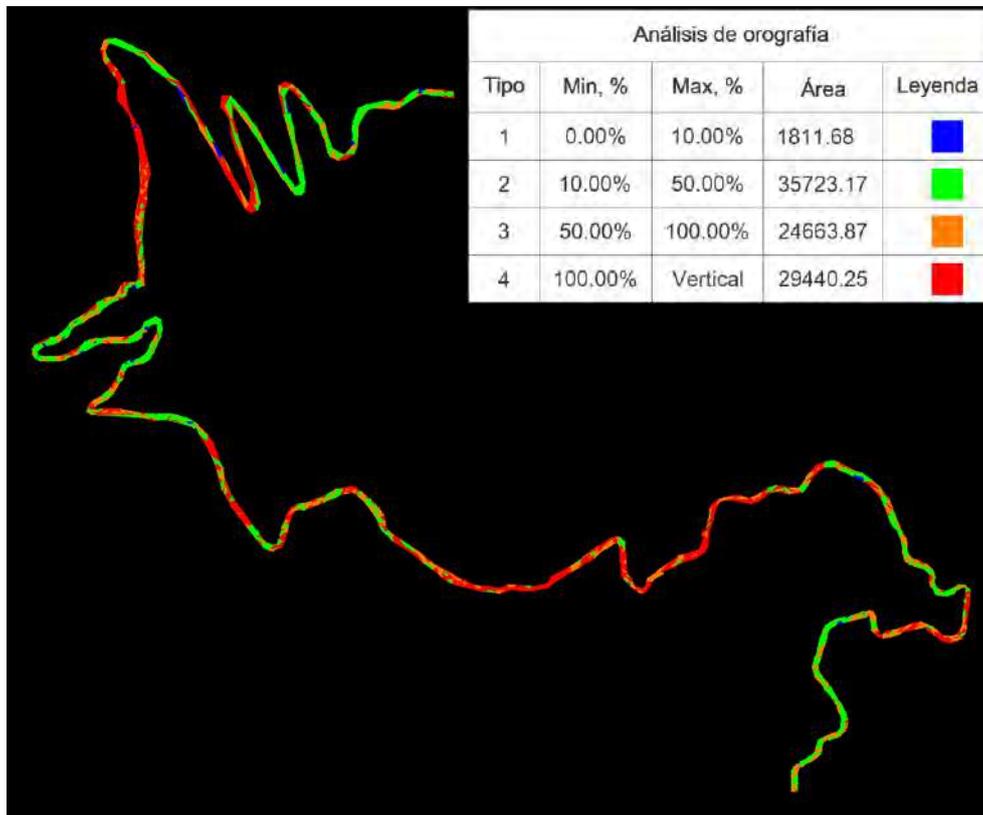
La evaluación de la geometría del proyecto sigue el siguiente procedimiento: primero se determina los parámetros mínimos aceptados tanto por el Manual DG 2018 y el PRTC, a

continuación, se contrastan dichos parámetros con la geometría presente en el proyecto, a fin de identificar cuáles son los problemas relacionados con la seguridad.

5.2.1 Diseño geométrico del proyecto según el Manual-DG 2018

5.2.1.1 Clasificación por orografía. Considerando lo dispuesto en el apartado 3.2.1, se determina a qué clasificación orográfica pertenece la carretera mediante el software *AutoCAD Civil 3D*, el cual permite evaluar la topografía por donde pasa el trazo del proyecto en función de la pendiente transversal al eje de la vía y se obtiene que la carretera es del tipo 2, debido a que se tiene una mayor área sobre terreno ondulado (ver Figura 37).

Figura 37. Análisis orográfico de la carretera evaluada



Nota. Elaboración propia.

5.2.1.2 Clasificación por demanda. Según el apartado 5.1.4, el proyecto presenta un IMDA de 17 veh/día, por ello se clasifica en un tipo de vía de trochas carrozables (IMDA < 200 veh/día). Sin embargo, al no contar con parámetros de diseño geométrico en el Manual DG 2018 para este tipo de vía, se opta por clasificarla como carretera de tercera clase (IMDA < 400 veh/día).

5.2.1.3 Vehículo de diseño. El proyecto presenta una demanda de vehículos grandes y largos de 10 veh/día (Tabla 61), los cuales son camiones tipo C2, y 7 veh/día de vehículos ligeros, entre autos, mototaxis y moto lineales. Entonces el vehículo de diseño es el camión tipo C2, el cual tiene las siguientes dimensiones (ver Tabla 63).

Tabla 63. Dimensiones del vehículo de diseño

Tipo de vehículo	Altura, m	Ancho, m	Longitud, m	Parte frontal, m	Parte Trasera, m	Distancia entre ejes, m
Camión C2	4.11	2.44	9.14	1.22	1.83	6.10

Nota. Adaptado de AASHTO (2018).

5.2.1.4 Velocidad de diseño. Según la Tabla 2, el proyecto al ser una carretera de tercera clase con una orografía tipo 2 (ondulado) debe presentar una velocidad de máxima de diseño de 40 km/h. Entonces, se considera una velocidad de 25 km/h por lo siguiente:

- Como este diseño es parte de la validación de los PRTC, se requiere mantener las características de la vía proyectada, por lo tanto, como el expediente técnico del proyecto considera una velocidad de diseño de 25 km/h, en este trabajo de investigación también se adoptará dicha velocidad.
- De acuerdo con lo discutido en el apartado 2.4.1, se sabe que los hallazgos de Bradshaw y Minchington (2007) indican que en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito con orografía accidentada la tasa de accidentes es mayor a cuando están pavimentadas, y que dicho comportamiento es reafirmado por el MRRD (2020) y para controlar los accidentes recomienda limitar la velocidad de diseño por medio de la infraestructura incluso hasta 20 km/h de acuerdo con la orografía del terreno (ver Tabla 34). Al igual que el MRRD, el ARRB (2020) también limita la velocidad hasta velocidades de 20 km/h de acuerdo con la orografía (ver Tabla 42).
- En la práctica peruana existen hallazgos donde las trochas carrozables funcionan con velocidades directrices de 25 km/h, tal es el caso de la trocha carrozable Casa Blanca del distrito de Huanchay, provincia de Huaraz y departamento de Ancash, la cual fue diagnosticada por Fernández y Cuba (2020) con fines de mejoramiento ante sus malas condiciones de conservación.

Las carreteras de tercera clase en varios de sus parámetros, solo los define hasta una velocidad de 30 km/h o 40 km/h, en consecuencia, para definir los parámetros de diseño para 25 km/h se eligen los casos más desfavorables de acuerdo con el parámetro de diseño.

5.2.1.5 Sección transversal.

5.2.1.5.1 Ancho de calzada. Para una velocidad de diseño de 25 km/h y una orografía ondulada, la calzada presenta dos carriles de 3 m cada uno, es decir, una calzada a 6 m de ancho (ver Tabla 3). Aclarando que dicha calzada corresponde a una velocidad de 30 km/h, debido a que no se cuenta con recomendaciones para velocidades menores.

5.2.1.5.2 Berma. Bajo el mismo criterio de la elección de ancho de calzada, las bermas presentan un ancho de 0.50 m (Tabla 5), las cuales se colocarán en la parte externa en cada lado de los carriles.

5.2.1.5.3 Bombeo. Este parámetro toma el valor de 3 %, ya que presenta una superficie de rodadura afirmada y una precipitación anual de 80 mm (ver Figura 36), que es menor a 500 mm/año (ver Tabla 4).

5.2.1.6 Alineamiento horizontal

5.2.1.6.1 Radio mínimo de curva horizontal. Utilizando la Ecuación 2 el radio mínimo de curvatura, para una velocidad de 25 km/h, un peralte máximo absoluto de 8% (ver Tabla 7) y un coeficiente de fricción de 0.17 (ver Tabla 6), es de 20 m. Cabe mencionar que al no contar con un coeficiente de fricción para 25 km/h, se considera el coeficiente correspondiente a la velocidad inmediatamente superior, se elige este criterio debido a que es un coeficiente más conservador.

5.2.1.6.2 Peralte. Para una zona rural con orografía ondulada, se presenta un peralte de 8% (ver Tabla 7).

Según la Tabla 9 no es necesario el uso de curvas de transición, porque se presenta un radio menor a 24 m, sin embargo, se considera una longitud de transición para asegurar el cambio gradual del bombeo al peralte. La longitud de transición de peralte y bombeo son determinadas utilizando la Ecuación 8 y Ecuación 9, considerando una distancia del borde de calzada al eje de giro de 6 m y una velocidad de 25 km/h. La longitud mínima de transición de bombeo considera el paso de un bombeo inicial de 3 % y un bombeo final de 0 %, mientras que la longitud de transición de peralte pasará de un bombeo de 0 % al peralte de 8 %. En base a estos datos se obtiene un valor para la longitud de transición de bombeo de 13.50 m y 30 m para la transición de peralte.

Así mismo, el desarrollo de la transición de peralte en tramo recto se considera como el 70% (ver Tabla 10) de la longitud obtenida (30m), lo que resulta en 21 m y el desarrollo en tramo curvo es de 9 m.

5.2.1.6.3 Sobreancho. Utilizando la Ecuación 10, para una calzada de dos carriles con una velocidad de 25 km/h, un radio de curvatura de 20 m y una distancia entre el eje posterior y parte frontal del camión C2 de 7.32 m, se obtiene los sobreanchos indicados en la Tabla 67 y Tabla 1 del Apéndice A., en función del radio de curva horizontal presente.

5.2.1.6.4 Distancia de visibilidad de parada. Según la Ecuación 13, para los datos del proyecto se obtiene una distancia de parada de 25 m en tramo llano y 30 m para un tramo con pendiente de bajada de 9% (pendiente crítica del proyecto, ver apartado 5.2.1.7.1).

5.2.1.6.5 Distancia de visibilidad de adelantamiento. En el proyecto existen pendientes mayores a 6 % (ver Tabla 62), entonces, la distancia de adelantamiento debe ser la correspondiente a 35 km/h (que es 10 km/h, mayor a la velocidad de diseño de 25 km/h). De la Figura 13, se observa que para una velocidad de 35 km/h se tiene una distancia de adelantamiento de 150 m.

5.2.1.7 Alineamiento vertical

5.2.1.7.1 Pendiente. Para una orografía ondulada y una velocidad de 25 km/h, se elige una pendiente máxima de 9% (ver Tabla 15), considerando que al no contar con especificaciones para una velocidad de 25 km/h, se opta por el valor para la velocidad inmediatamente superior.

5.2.1.7.2 Curvas convexas. Para el cálculo de la longitud de curvas convexas, se considera la distancia visual de parada, esto debido a que la distancia visual de adelantamiento no siempre se puede habilitar a lo largo de toda la carretera y por ello la norma indica que solo se debe cumplir con una cantidad mínima de oportunidades de adelantamiento (ver apartado 3.2.6.4.2). Además, es más económico desarrollar una curva convexa en función de la distancia de parada.

La longitud de curva convexa, para una distancia de parada de 30 m se expresa en función del factor K, el cual fue calculado utilizando la Ecuación 22, obteniendo un valor de 1.50.

5.2.1.7.3 Curvas cóncavas

Aplicando el mismo criterio de las curvas convexas, se obtiene un factor K de 4, utilizando la Ecuación 23 y una distancia de parada de 30 m.

5.2.1.8 Resumen de parámetro geométricos. En la Tabla 64 se muestra un resumen de los parámetros geométricos mínimos requeridos por el Manual DG 2018 para el proyecto.

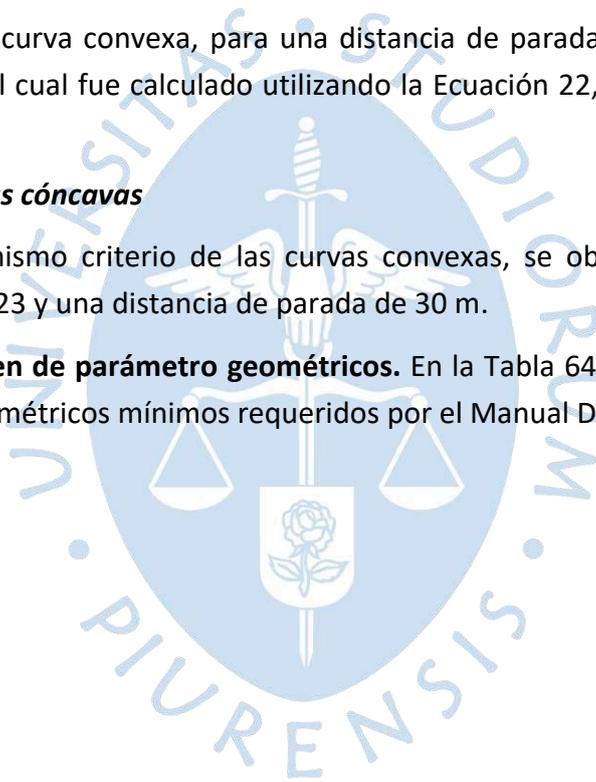


Tabla 64. Resumen de parámetros geométricos según el Manual DG 2018

Parámetros	Valor
IMDA, veh/día	17
Volumen de vehículos muy largos y pesados, veh/día	0
Volumen de vehículos largos y pesados, veh/día	10
Orografía	Ondulada
Velocidad de diseño, km/h	25
Ancho de calzada, m	6
Ancho de berma, m	0.50
Bombeo, %	3
Peralte, %	8
Pendiente, %	9
Radio mínimo de curva horizontal, m	20
Longitud de transición de peralte, m	30
Longitud de transición de bombeo, m	13.50
Longitud mínima de tramo recto entre curvas, m	69
Distancia de parada, m	30
Distancia de adelantamiento, m	150
Índice de curvatura para curvas convexas (k)	1.50
Índice de curvatura para curvas cóncavas (k)	4

Nota. Elaboración propia.

5.2.2 Diseño geométrico del proyecto según el PRTC

5.2.2.1 Clasificación por orografía. Para clasificar la orografía del proyecto bajo el PRTC, se sigue los mismos criterios aplicados en el apartado 5.2.1.1. Por lo tanto, se obtiene el mismo resultado, ortografía ondulada.

5.2.2.2 Clasificación por demanda. El proyecto presenta un IMDA de 17 veh/día (ver apartado 5.1.4), por lo cual según la Tabla 58 se clasifica como una trocha carrozable tipo I.

5.2.2.3 Vehículo de diseño. Se considera el mismo vehículo de diseño mencionado en el apartado 5.2.1.3, camión C2.

5.2.2.4 Velocidad de diseño. Según la Tabla 58, para una trocha carrozable tipo I con orografía ondulada, la velocidad máxima de diseño es de 40 km/h. Sin embargo, se opta por una velocidad de diseño de 25 km/h, para guardar correspondencia con el ETP.

5.2.2.5 Sección transversal.

5.2.2.5.1 Ancho de calzada. Para una carretera tipo I, el ancho de calzada es de 3.50 m, independientemente de su orografía y velocidad de diseño (ver Tabla 58).

5.2.2.5.2 Berma. El ancho de la berma está influenciado por el tipo de trocha carrozable que el proyecto presenta. Para este caso, según la Tabla 58 el ancho de berma es de 0.50 m, porque el proyecto evaluado no presenta plazoletas.

5.2.2.5.3 Bombeo. El bombeo mínimo recomendado en la Tabla 58, es de 4%, el cual se elige considerando que la superficie de rodadura presenta un rápido deterioro.

5.2.2.6 Alineamiento horizontal

5.2.2.6.1 Radio mínimo de curva horizontal. Para calcular el radio mínimo de curvatura es necesario primero conocer el coeficiente de fricción. La elección del coeficiente de fricción procede de la Tabla 53, donde se observa que para una velocidad de 30 km/h, el coeficiente es 0.165. Se elige el valor para una velocidad inmediatamente superior a la del proyecto (25 km/h) con el fin de ser más conservadores.

Una vez obtenido el coeficiente de fricción, se utilizó la fórmula descrita en la Tabla 58 para el cálculo de este parámetro. Con una velocidad de 25 km/h, un peralte máximo absoluto de 6% (ver apartado 5.2.2.6.2), un coeficiente de fricción de 0.165 y una pendiente máxima del 10% (ver apartado 5.2.2.7.1) se obtiene un radio de 25 m.

5.2.2.6.2 Peralte. Para cualquier tipo de trocha carrozable la Tabla 58 recomienda peraltes entre 4% a 6%. Con el fin de obtener un radio más económico, se ve por conveniente elegir un peralte del 6%.

La longitud de transición de peralte y bombeo son determinadas utilizando la fórmula expresada en la Tabla 58, considerando una velocidad de 25 km/h. La longitud mínima de transición de bombeo considera el paso de un bombeo inicial de 4% y un bombeo final de 0%, mientras que la longitud de transición de peralte pasará de un bombeo de 0% al peralte de 6%. En base a estos datos se obtiene un valor para la longitud de transición de bombeo de 8 m y 12 m para la transición de peralte.

Así mismo, el desarrollo de la transición de peralte en tramo recto se considera como el 60% (ver tabla 60) de la longitud obtenida (12m), lo que resulta en 7.20 m y el desarrollo en tramo curvo es de 4.80 m.

5.2.2.6.3 Sobreechancho. Utilizando la ecuación indicada para este parámetro en Tabla 58, para una calzada con carril base de 3.50 m, con una velocidad de 25 km/h, un radio mínimo de curvatura de 25 m y una distancia entre el eje delantero y trasero del camión C2 de 6.10 m, se obtienen los sobreeanchos indicados en la Tabla 67 y Tabla 1 del Apéndice A., en función del radio de curva horizontal presente.

5.2.2.6.4 Distancia de visibilidad de parada. Según la ecuación mostrada en la Tabla 58, para los datos del proyecto se consigue una distancia de parada de 15 m.

5.2.2.6.5 Distancia de visibilidad de encuentro. Según la Tabla 58, la distancia mínima de encuentro es el doble que la distancia de visibilidad de parada, lo que resulta en una distancia de 30 m.

5.2.2.6.6 Distancia de visibilidad de adelantamiento. En la Tabla 58, se recomienda para este parámetro un valor de 115 m.

5.2.2.7 Alineamiento vertical

5.2.2.7.1 Pendiente. El valor máximo para este parámetro es de 10 % (ver Tabla 58). Se elige el valor máximo excepcional de pendiente con la finalidad de reducir el efecto de corte y relleno que hay en el movimiento de tierras del proyecto.

5.2.2.7.2 Curvas convexas. Utilizando la ecuación para este tipo de curvas indicada en la Tabla 58, para una distancia de parada de 15 m se consigue un factor K de 1.

5.2.2.7.3 Curvas cóncavas. Utilizando la ecuación para curvas cóncavas, de la Tabla 58, para una distancia de parada de 15 m se obtiene un factor K de 2.

5.2.2.8 Resumen de los parámetros geométricos según los PRTC. En la Tabla 65 se muestra un resumen de los parámetros geométricos mínimos requeridos para el proyecto en base al PRTC.

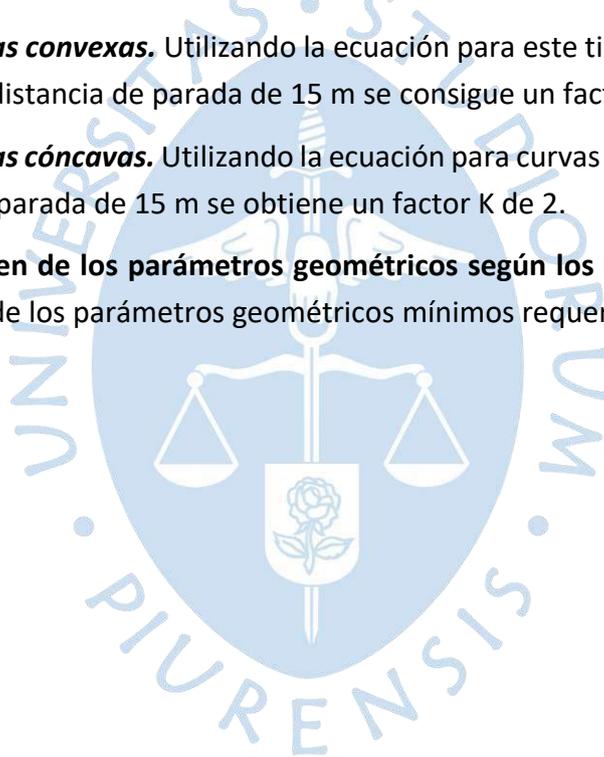


Tabla 65. Resumen de parámetros geométricos según los PRTC

Parámetros	Valor
IMDA, veh/día	17
Volumen de vehículos muy largos y pesados, veh/día	0
Volumen de vehículos largos y pesados, veh/día	10
Orografía	Ondulada
Velocidad de diseño, km/h	25
Ancho de calzada, m	3.50
Ancho de berma, m	0.50
Bombeo, %	4
Peralte, %	4
Pendiente, %	10
Radio mínimo de curva horizontal, m	25
Longitud de transición de peralte, m	12
Longitud de transición de bombeo, m	8
Longitud mínima de tramo recto entre curvas, m	30
Distancia de parada, m	15
Distancia de encuentro, m	30
Distancia de adelantamiento, m	115
Índice de curvatura para curvas convexas (k)	1
Índice de curvatura para curvas cóncavas (k)	2

Nota. Elaboración propia.

5.2.3 Evaluación de la sección transversal del proyecto original

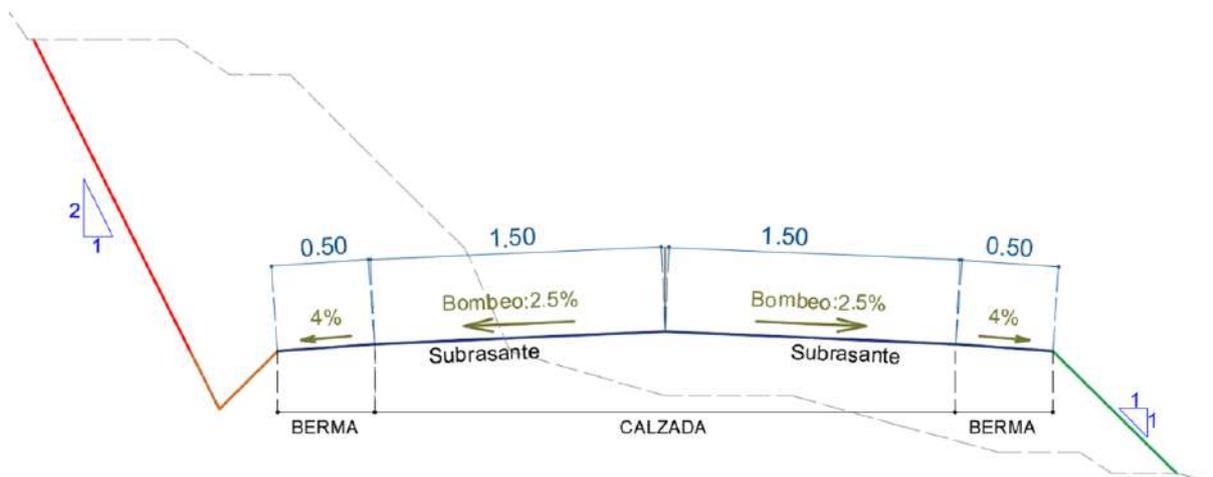
De acuerdo con el ETP, la geometría del proyecto tiene dos tipos de secciones transversales, una sección para tramo recto (ver Figura 37) y otra para tramo curvo (ver Figura 39). En la Tabla 66 se muestra la evaluación de dicha sección bajo el PRTC y el Manual DG 2018, observándose que:

- El ancho de calzada tomado para el diseño del proyecto original es 3 m, y no 6 m que correspondería a una carretera de tercera clase. De esto se observa que no existe una complementariedad de elementos geométricos, ya que las carreteras de tercera clase brindan mayores dimensiones de sus elementos, por lo tanto, soportará mayores velocidades, que no podrán ser soportadas fácilmente por vías de 3 m de calzada.
- En el proyecto a modo de adaptar las vías de tercera clase a trochas carrozables, solo han considerado un carril de 3 m y bermas de 0.5 m, de esta manera se deduce que se ha tratado de conseguir una vía de 4 m de calzada (ancho mínimo de calzada para trochas carrozables), sin embargo, conceptualmente la

calzada no incluye las bermas. Con esto se observa cómo de manera forzada se trata de adaptar lo que se tiene a trochas carrozables.

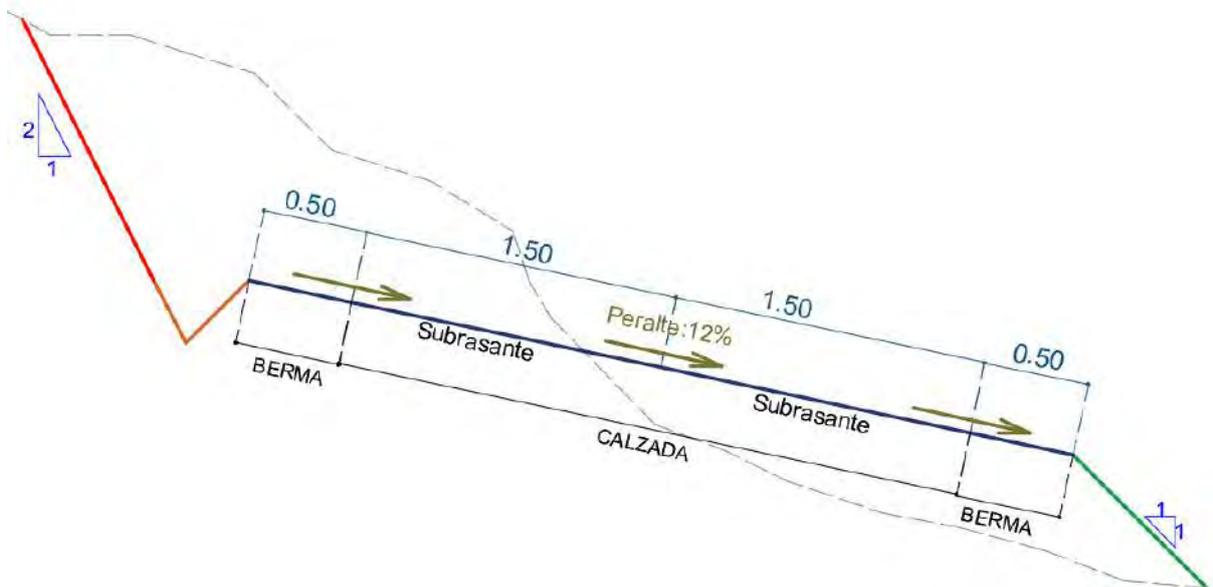
- El bombeo de calzada no cumple con lo dispuesto en el Manual DG 2018, debido a que en el proyecto para este parámetro se ha utilizado el bombeo recomendado por el MDCNPBVT (ver 3.3.1.2).
- Respecto al PRTC, lo único que se cumple es el ancho de berma y el bombeo de la berma, mientras que los demás parámetros como el ancho de calzada y el bombeo de la calzada no, por lo que según los hallazgos de *Federal Highway Administration* (1994), Hossain (2016), Dart & Mann (1970) y de Austroads (2016), discutidos en el apartado 4.1, la vía va a tener problemas de seguridad como hidroplaneo, incomodidad al realizar maniobras de encuentro y adelantamiento, y de viabilidad ya que al no tener un buen sistema de escurrimiento de aguas superficiales el tiempo de vida útil de la vía se reducirá.

Figura 38. Sección típica de trocha carrozable del proyecto original



Nota. Elaboración propia.

Figura 39. Sección típica de trocha carrozable en tramo curvo



Nota. Elaboración propia.

Tabla 66. Evaluación de la sección transversal proyectada en expediente técnico

Sección transversal					
Parámetro	Proyecto	PRTC	¿Cumple?	Manual DG 2018	¿Cumple?
Clasificación orográfica	Ondulado				
Velocidad de diseño, km/h	25				
Ancho de calzada, m	3	3.5	NO	6	NO
Ancho de berma, m	0.5	0.5	SI	0.5	SI
Ancho de vía al no usar plazoletas, m	4	4.5	NO	7	NO
Bombeo de calzada, %	2.5	4	NO	3	NO
Bombeo de berma, %	4	4	SI	3	SI

Nota. Elaboración propia.

5.2.4 Evaluación de la geometría horizontal del proyecto original

La evaluación de la geometría horizontal se basará en verificar los siguientes parámetros:

5.2.4.1 Curvas horizontales

Los componentes que rigen la seguridad vial en la geometría de las curvas horizontales presentes en el proyecto son los siguientes:

5.2.4.1.1 Peralte, radio de curvatura horizontal y sobreancho

Según el MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020) el radio mínimo de curva horizontal está en función del peralte, donde a mayor peralte menor radio. Entonces para verificar el peralte y el radio de curvatura horizontal bastará con verificar si el peralte proyectado en el proyecto cumple con el peralte requerido por el PRTC y el Manual DG 2018 (computado bajo el radio y pendiente proyectado en el ETP).

En la Tabla 67, se muestran las primeras 20 curvas horizontales del proyecto, junto con su progresiva, radio, peralte y sobreancho proyectado. Además, se indica cuanto es el peralte máximo y el peralte requerido por el PRTC y el Manual DG 2018, calculado a base del radio proyectado y las condiciones descritas en los apartados 5.2.1 y 5.2.2. De esto se observa que:

- La mayoría de los peraltes requeridos por el PRTC y el Manual DG 2018 son mayores a los colocados en el proyecto original, porque los peraltes mínimos serán iguales al bombeo normal de la vía, entonces, en estos casos no habrá problemas causados por el radio de curvatura horizontal, sino que según los hallazgos de Dart & Mann (1970) y de Austroads (2016), discutidos en el apartado 4.1, es muy probable que la vía tenga problemas de escurrimiento, afectando la vida útil de la vía, la comodidad al transitar por estas vías y la seguridad ante posible hidroplaneo.
- Existen curvas cuyos peraltes requeridos superan los peraltes máximos recomendados por el PRTC y el Manual DG 2018 (ver celdas resaltadas de rojo), lo cual indica que se presentaran problemas ante la fuerza centrífuga que experimentan los vehículos al transitar por curvas horizontales. Por ejemplo, la curva 11 tiene un radio de 11 m y un peralte de 12 %, al evaluar cuánto es el peralte que se necesita para dicho radio, se obtiene 27.7 % de acuerdo con el Manual DG 2018, sin embargo, dicho peralte generaría volcamiento de vehículos y más aún en espacios reducidos (radios pequeños), lugares donde los vehículos largos y pesados tienen que ir a bajas velocidades, de ahí que el manual limite los peraltes a 8 % y para este peralte le corresponde un valor de 20 m de radio (ver detalle de cálculo en el apartado 5.2.1), observándose que no se cumple con las condiciones de seguridad ante la fuerza centrífuga en esta curva. Dicho análisis es similar al evaluar la curva 11 con el PRTC.

- Los peraltes y sobreebanchos dados por el Manual DG 2018 son mayores respecto a los dados por el PRTC, mostrando así, que diseñar trochas carrozables como carreteras de tercera no es lo más adecuado.

Se ha observado la existencia de curvas horizontales con problemas de seguridad ante la fuerza centrífuga, sin embargo, existe otro problema de seguridad relacionado con la dificultad de mantenerse dentro de la calzada al transitar por curvas horizontales. Este segundo problema según el MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020) es resuelto con la aplicación de sobreebanchos en las curvas, sin embargo, en el proyecto no se presenta ningún sobreebancho, por lo que sus curvas deberían tener un radio de curvatura bastante alto, no obstante, esto no es así.

En la Tabla 67 se observa que los radios de curva horizontal en su mayoría son pequeños y al no contar con sobreebanchos, los vehículos tenderán a salirse de la calzada. En dicha tabla, también se muestran los sobreebanchos recomendados por el Manual DG 2018 y el PRTC, observándose que a menor radio mayor será el sobreebancho requerido para asegurar la seguridad, y que los sobreebanchos recomendados por el Manual DG 2018 son mayores a los dados por el PRTC.

En la Tabla 1 del Apéndice A, se presenta el mismo análisis, pero para el resto de las curvas, concluyendo que algunas de ellas presentan problemas similares a los indicados para las 20 primeras curvas.

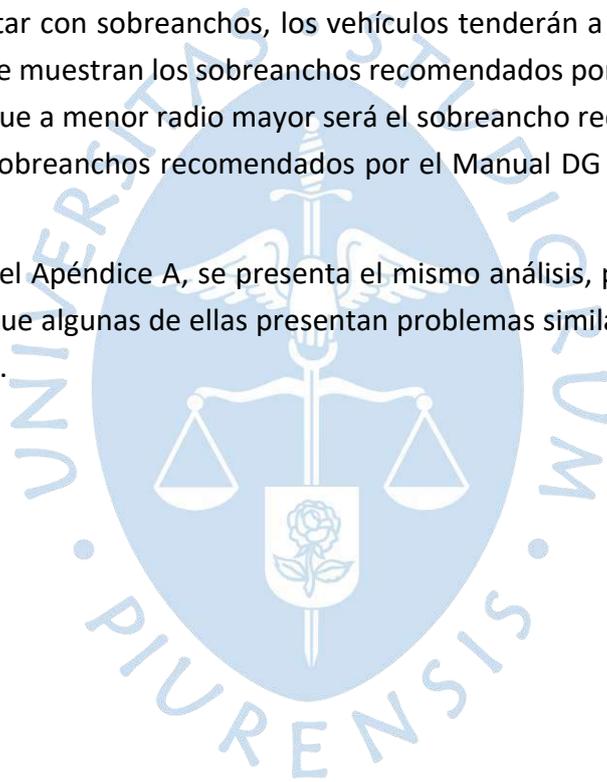


Tabla 67. Evaluación del peralte, radio de curvatura horizontal y sobreebanco – parte 1

Peralte (n, %), radio (R, m) y sobreebanco (w, m)															
Proyecto						PRTC					Manual DG 2018				
Número de curva	PI	R	Pendiente	n	w	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w requerido	¿Cumple?	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w requerido	¿Cumple?
PI:1	0+056.97	30	6.81%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:2	0+117.67	30	6.81%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:3	0+157.69	30	6.81%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:4	0+210.55	26	6.81%	1.9%	0	4%	6%	SI	1.4	NO	1.9%	8%	SI	1.6	NO
PI:5	0+233.26	20	6.81%	7.6%	0	9.0%	6%	NO	1.8	NO	7.6%	8%	SI	1.9	NO
PI:6	0+285.71	69	6.81%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.7	NO	3%	8%	SI	0.7	NO
PI:7	0+385.26	30	6.81%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:8	0+457.46	270	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:9	0+497.92	30	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:10	0+557.18	200	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:11	0+606.94	11	21.90%	12%	0	36.7%	6%	NO	3	NO	27.7%	8%	NO	3.4	NO
PI:12	0+619.17	180	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:13	0+664.01	16	21.90%	12%	0	20.1%	6%	NO	2.1	NO	13.8%	8%	NO	2.4	NO
PI:14	0+686.95	179	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:15	0+774.64	30	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:16	0+846.42	30	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:17	0+873.19	30	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:18	0+892.31	30	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:19	0+994.83	10	21.90%	12%	0	42.0%	6%	NO	3.3	NO	32.2%	8%	NO	3.7	NO
PI:20	1+007.91	12	21.90%	12%	0	32.3%	6%	NO	2.8	NO	24.0%	8%	NO	3.1	NO

Nota. Elaboración propia.

5.2.4.1.2 Longitud de transición de peralte y bombeo

El MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020) indican que la longitud de transición de peralte y bombeo son las que permitirán que el conductor entre y salga de manera cómoda y segura de las curvas, además, aseguran que se alcance el peralte requerido para que una curva de determinado radio sea capaz de controlar el efecto de la fuerza centrífuga que experimentan los vehículos al transitar por la curva horizontal.

Para la evaluación de las longitudes de transición se usa el término longitud mínima en tramo recto, el cual representa la suma de la longitud total de transición (longitud de bombeo y transición de peralte en tramo recto) de entrada de la curva evaluada y la longitud total de transición de salida de la curva anterior. Entonces, bastará con verificar que las longitudes entre curvas horizontales proyectadas sean mayores a la longitud mínima en tramo recto (ver

ejemplo en Figura 40), siendo, la única excepción a esta regla las longitudes entre curvas simples que pueden ser consideradas como curvas compuestas (ver apartado 3.6.2.1) de acuerdo con el MRRD (2020).

En la Tabla 68 se muestran las primeras 20 curvas del proyecto, con su respectiva progresiva, radio de curva y longitud de tramo recto entre curvas horizontales. Además, se muestran los valores mínimos de longitud de tramo recto entre curvas continuas, dados por el PRTC y el Manual DG 2018. De dicha tabla, se observa lo siguiente:

- Existen varias curvas que no cumplen con la longitud mínima de tramo recto, por lo que de acuerdo con el ARRB (2020) es muy posible que los vehículos que entren a esas curvas lo hagan de manera incómoda, propiciado así, la ocurrencia de accidentes.
- Existen varias curvas compuestas formadas a partir de curvas simples que cumplen los criterios recomendados por el MRRD (2020): tienen el mismo sentido, sus radios son similares y la longitud de tramo recto entre curvas no es mayor al menor de los radios. En la Figura 41 se muestra de manera gráfica cómo es que las curvas 16, 17 y 18 forman una curva compuesta, bajo los criterios descritos.

En la Tabla 1 del Apéndice A., se analiza el resto de las curvas, deduciendo que algunas de las curvas presentan los mismos problemas descritos para las 20 primeras curvas.

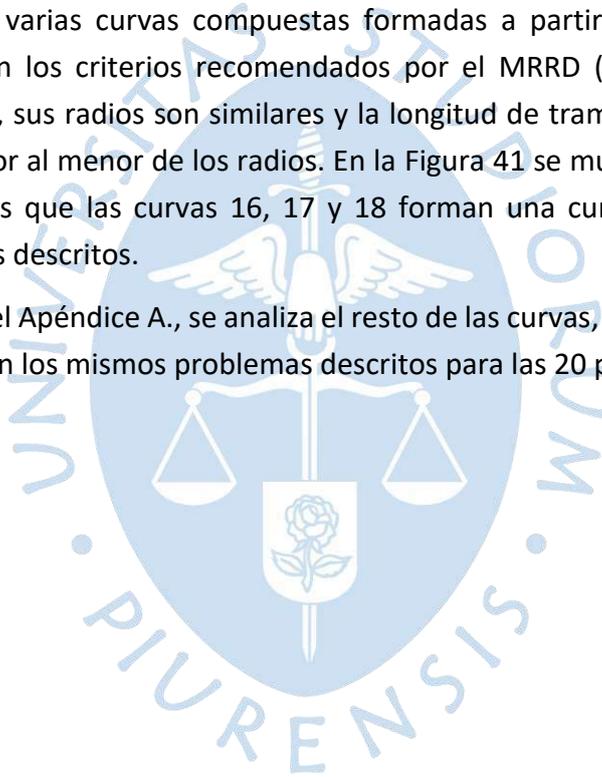
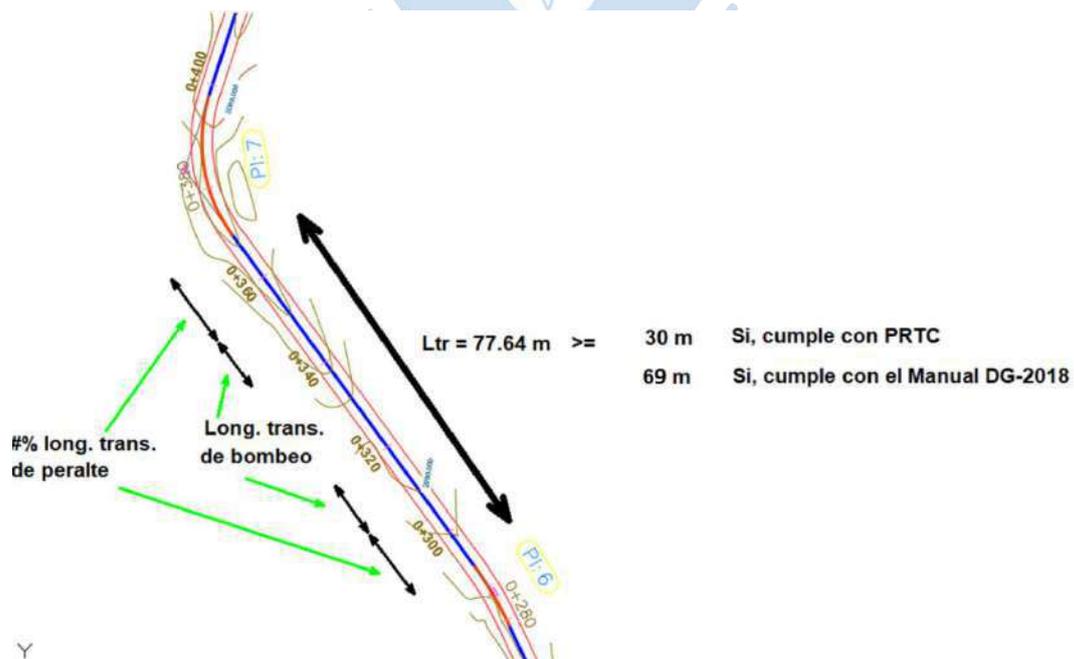


Tabla 68. Evaluación de longitudes de transición de peralte y bombeo – parte 1

Longitud de tramo recto entre curvas (Ltr), m							
Proyecto				PRTC		Manual DG 2018	
Número de curva	PI	R	Ltr	Ltr mín.	¿Cumple?	Ltr mín.	¿Cumple?
PI:1	0+056.97	30					
PI:2	0+117.67	30	33.46	30	SI	69	NO
PI:3	0+157.69	30	13.43	30	NO	69	NO
PI:4	0+210.55	26	27.81	30	NO	69	NO
PI:5	0+233.26	20	3.67	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:6	0+285.71	69	38.13	30	SI	69	NO
PI:7	0+385.26	30	77.64	30	SI	69	SI
PI:8	0+457.46	270	56.68	30	SI	69	NO
PI:9	0+497.92	30	20.96	30	NO	69	NO
PI:10	0+557.18	200	40.35	30	SI	69	NO
PI:11	0+606.94	11	32.53	30	SI	69	NO
PI:12	0+619.17	180	1.63	30	NO	69	NO
PI:13	0+664.01	16	23.93	30	NO	69	NO
PI:14	0+686.95	179	12.15	30	NO	69	NO
PI:15	0+774.64	30	71.34	30	SI	69	SI
PI:16	0+846.42	30	41.81	30	SI	69	NO
PI:17	0+873.19	30	6.07	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:18	0+892.31	30	2.71	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:19	0+994.83	10	86.09	30	SI	69	SI
PI:20	1+007.91	12	1.82	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta

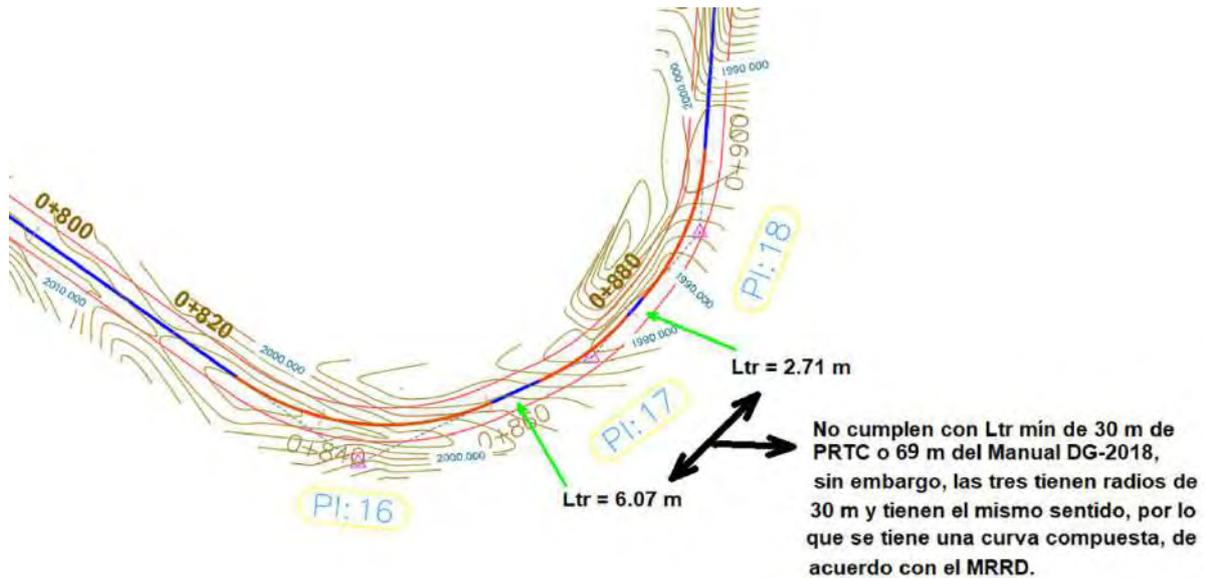
Nota. Elaboración propia.

Figura 40. Verificación de longitudes de transición bajo de la longitud de tramo recto



Nota. Elaboración propia.

Figura 41. Curvas simples PI 16, 17 y 18, forman curva compuesta según MRRD (2020)



Nota. Elaboración propia.

5.2.4.2 Distancia visual

El proyecto al no contar con plazoletas de cruce o adelantamiento, según el MRRD (2020) debe ser capaz de brindar la visibilidad adecuada de parada, encuentro y cumplir con cierta cantidad de oportunidades de adelantamiento. Para esta evaluación se toma las medidas de visibilidad cada 10 m a lo largo de toda la vía, ya que es un valor lo suficientemente pequeño y representativo para analizar la visibilidad del conductor en su paso por la carretera.

En la Tabla 69 se muestran los primeros 200 m de la carretera, observándose lo siguiente:

- Existen varias zonas en las que no se cumple la distancia visual de parada, por lo que según los hallazgos de Fambro et al. (1997) y Neuman (1999), discutidos en el apartado 3.4.2.4.1, es probable que los conductores choquen o atropellen a cualquier persona, animal u objeto que se cruce en la vía.
- Existen tramos que no cumplen la distancia de encuentro, por lo que según los criterios del MTC (2008), AASHTO (2019), ARRB (2020) y MRRD (2020), discutidos en el apartado 4.2.4.2, existe la posibilidad de que cuando los vehículos se encuentren en estos tramos, terminan chocando o descarrilando.
- En los primeros 200 m se puede ver que no hay ninguna zona de oportunidad de adelantamiento, y al observar la Tabla 2 del Apéndice A. en la que está el resto del análisis comparativo, se observa que solo hay una zona de 10 m entre las progresivas 6+790 a 6+800 para poder adelantar. De esta manera se puede afirmar que no se cumple con las oportunidades mínimas recomendadas por el PRTC o el Manual DG 2018, es decir, una oportunidad de adelantamiento

cada 780 m o que los tramos de adelantamiento cada 5 km deben representar más del 33 %, respectivamente. De esta manera, según el Manual DG 2018 y el MRRD (2020) los adelantamientos se realizarán de manera peligrosa, ver apartado 4.2.4.3 donde se discute porque el PRTC adopta para la distancia de adelantamiento lo recomendado por el MRRD.

- El Manual DG 2018 brinda requisitos mínimos mucho más rígidos que el PRTC, esto se debe, a que el manual peruano está basado en las recomendaciones dadas por el manual de alto volumen de tránsito de AASHTO; además, la distancia de adelantamiento del PRTC se basa en la distancia para que un vehículo aborte con seguridad la maniobra de adelantamiento si ve que aparece un nuevo vehículo en sentido opuesto. De esta manera se concluye que diseñar las trochas carrozables bajo criterios de carreteras de tercera clase, sería sobredimensionado.

En la Tabla 3 del Apéndice A., se muestra el análisis comparativo del resto de la vía, observándose que se tiene la misma problemática presentada en los primeros 200 m de la carretera, en cuanto a la distancia visual de parada y encuentro.

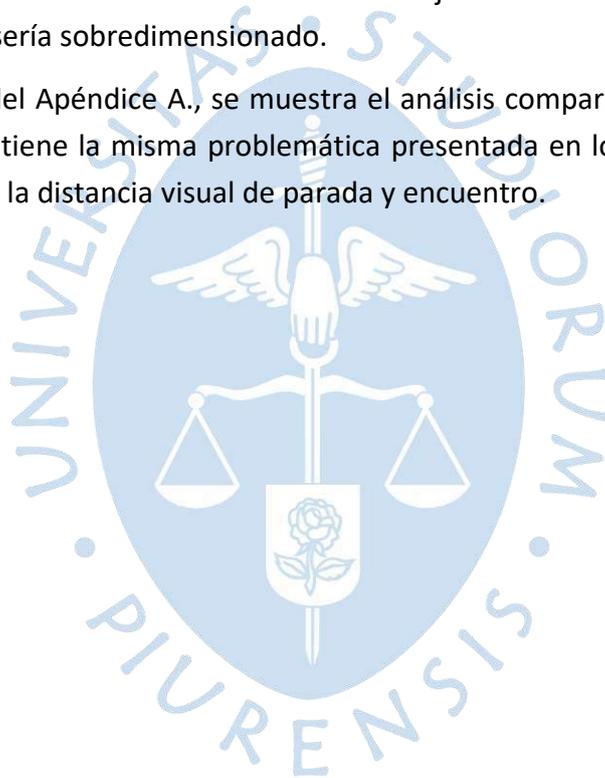


Tabla 69. Verificación de distancias de visibilidad del proyecto original - parte 1

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
0+000.00m	73.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+010.00m	63.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+020.00m	53.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+030.00m	43.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+040.00m	33.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+050.00m	23.57	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+060.00m	13.57	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+070.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+080.00m	32.83	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+090.00m	22.16	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+100.00m	12.83	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+110.00m	21.69	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+120.00m	11.69	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+130.00m	61.06	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+140.00m	51.06	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+150.00m	41.06	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+160.00m	31.06	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+170.00m	21.06	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+180.00m	11.06	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+190.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+200.00m	12.12	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Nota. Elaboración propia.

5.2.5 Evaluación de la geometría vertical del proyecto original

En la Tabla 70 y Tabla 71, se evalúan los factores K de las curvas convexas y cóncavas, respectivamente; además, de la verificación de las pendientes máximas y mínimas. De estas tablas se observa lo siguiente:

- Las longitudes de curvas convexas y cóncavas del proyecto cumplen con las longitudes mínimas del PRTC y el Manual DG 2018, haciendo que el cambio de pendientes sea bastante suave, es decir, las tasas de cambio (inversa del factor K) de pendiente son muy pequeñas. Esto último según el MRRD (2020) también tiene el beneficio de evitar la descoordinación del sistema de geometría

vertical, por lo tanto, los conductores no serán sorprendidos ante la aparición de curvas verticales.

- La mayoría de las pendientes están muy por encima de lo recomendado por el PRTC y el Manual DG 2018, es decir, son mayores a 10 % y 9 %, respectivamente. Esto generará según los hallazgos Miaou et al. (1992), discutidos en el apartado 4.3.1, que los vehículos, en especial los pesados, tengan dificultades de frenado y con ello se genera la posibilidad de despistes. En algunos tramos según ARRB (2020) dicha probabilidad se verá incrementada por la presencia de múltiples curvas horizontales en zonas de alta pendiente o debido a que al terminar el tramo de alta pendiente no se tiene una adecuada longitud de recuperación (ver los casos más críticos en la Tabla 72). De esto se concluye que, al no tener especificaciones técnicas mínimas para el diseño de trochas carrozables, el diseño en perfil seguirá el criterio de costo de construcción, donde para evitar elevados movimientos de tierra el perfil de la carretera es acomodado al terreno.

En cuanto a la geometría vertical se concluye que si bien las longitudes de las curvas verticales son adecuadas para un cambio gradual de pendiente, los tramos con altas pendientes generan un riesgo importante a la seguridad de los usuarios, debido a que los conductores superan las velocidades de diseño y transitar por las múltiples curvas horizontales que fueron diseñadas para la velocidad de diseño o las curvas no que cumplen el criterio de radio mínimo de curva horizontal (ver apartado 5.2.4.1) no sería factible visto desde la seguridad.

Tabla 70. Verificación de factores K mínimos de curvas convexas y pendientes

Curvas verticales convexas y pendientes																	
Proyecto						Valores recomendados						Valores de Manual DG 2018					
Número de PI	PVI	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Longitud	K	K mín.	¿Cumple?	Pendiente máx.	¿Cumple?	Pendiente min.	¿Cumple?	K mín.	¿Cumple?	Pendiente máx.	¿Cumple?	Pendiente min.	¿Cumple?
2	0+456.23m	-6.81%	-21.90%	150 m	9.94	1.00	SI	10%	NO	0.5%	SI	1.50	SI	9%	NO	0.5%	SI
4	1+906.01m	-0.17%	-8.33%	150 m	18.38	1.00	SI	10%	SI	0.5%	NO	1.50	SI	9%	SI	0.5%	NO
6	2+746.51m	0.67%	-13.91%	150 m	10.28	1.00	SI	10%	NO	0.5%	SI	1.50	SI	9%	NO	0.5%	SI
8	3+689.73m	-1.77%	-15.64%	150 m	10.82	1.00	SI	10%	NO	0.5%	SI	1.50	SI	9%	NO	0.5%	SI
11	4+509.74m	25.78%	11.67%	150 m	10.63	1.00	SI	10%	NO	0.5%	SI	1.50	SI	9%	NO	0.5%	SI
12	5+314.39m	11.67%	6.00%	150 m	26.44	1.00	SI	10%	NO	0.5%	SI	1.50	SI	9%	NO	0.5%	SI
13	5+880.37m	6.00%	1.50%	150 m	33.34	1.00	SI	10%	SI	0.5%	SI	1.50	SI	9%	SI	0.5%	SI
16	7+524.19m	21.36%	4.86%	150 m	9.09	1.00	SI	10%	NO	0.5%	SI	1.50	SI	9%	NO	0.5%	SI

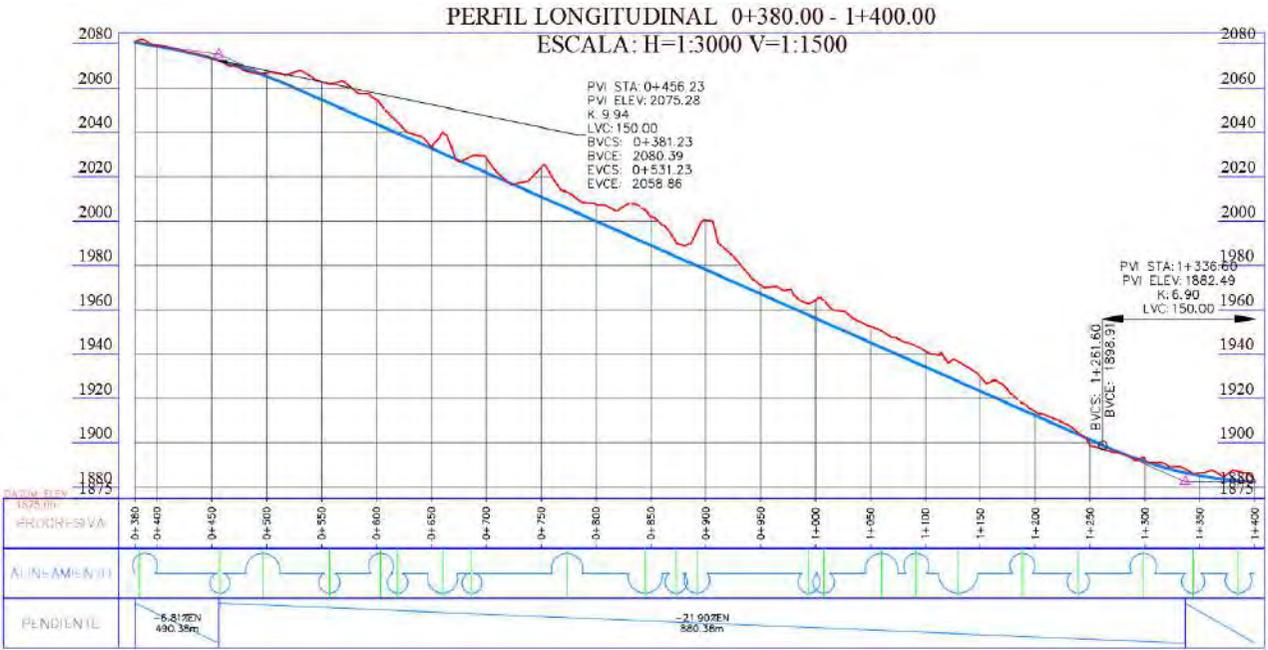
Nota. Elaboración propia.

Tabla 71. Verificación de factores K mínimos de curvas cóncavas y pendientes

Curvas verticales cóncavas y pendientes																	
Proyecto						Valores recomendados						Valores de Manual DG 2018					
Número de PI	PVI	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Longitud	K	K mín.	¿Cumple?	Pendiente máx.	¿Cumple?	Pendiente min.	¿Cumple?	K mín.	¿Cumple?	Pendiente máx.	¿Cumple?	Pendiente min.	¿Cumple?
3	1+336.60m	-21.90%	-0.17%	150 m	6.9	2	SI	10%	NO	0.5%	NO	4	SI	9%	NO	0.5%	NO
5	2+298.10m	-8.33%	0.67%	150 m	16.7	2	SI	10%	SI	0.5%	SI	4	SI	9%	SI	0.5%	SI
7	3+297.87m	-13.91%	-1.77%	150 m	12.4	2	SI	10%	NO	0.5%	SI	4	SI	9%	NO	0.5%	SI
9	4+167.91m	-15.64%	5.30%	150 m	7.2	2	SI	10%	NO	0.5%	SI	4	SI	9%	NO	0.5%	SI
10	4+337.31m	5.30%	25.78%	150 m	7.3	2	SI	10%	NO	0.5%	SI	4	SI	9%	NO	0.5%	SI
14	6+407.06m	1.50%	6.55%	150 m	29.7	2	SI	10%	SI	0.5%	SI	4	SI	9%	SI	0.5%	SI
15	7+004.62m	6.55%	21.36%	150 m	10.1	2	SI	10%	NO	0.5%	SI	4	SI	9%	NO	0.5%	SI

Nota. Elaboración propia.

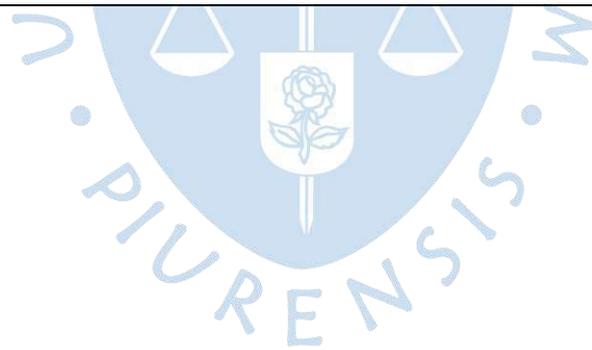
Tabla 72. Casos más críticos de alta pendiente encontrados en la geometría del proyecto original

Caso	Captura	Descripción
1	 <p style="text-align: center;">PERFIL LONGITUDINAL 0+380.00 - 1+400.00 ESCALA: H=1:3000 V=1:1500</p> <p> PVI STA: 0+456.23 PVI ELEV: 2075.28 K: 9.94 LVC: 150.00 BVCS: 0+381.23 BVCE: 2080.39 EVCS: 0+531.23 EVCE: 2058.86 </p> <p> PVI STA: 1+336.66 PVI ELEV: 1882.49 K: 6.90 LVC: 150.00 </p> <p> BVCS: 1+281.60 BVCE: 1898.31 </p> <p> PENDIENTE: -6.812EN / 490.35m PENDIENTE: -21.902EN / 380.38m </p>	<p>Tramo con alta pendiente de 21.9 %, con múltiples curvas horizontales:</p> <p>Según los hallazgos de Miaou et al. (1992), discutidos en el apartado 4.3.1, las altas pendientes ocasionan que los vehículos viajen a velocidades por encima de las velocidades de diseño, en especial los vehículos pesados. Esto hace probable los despistes o que los vehículos no puedan salir cuesta arriba.</p> <p>Según ARRB (2020) dicha posibilidad es incrementada con la presencia de múltiples curvas horizontales, ya que los vehículos tenderán a perder el control y con ello a salir de la calzada.</p> <p>En este perfil se muestra que el diseño ha sido basado en el criterio de costo de construcción, es decir, se busca acomodar el perfil al terreno para evitar altos movimientos de tierra.</p>

Caso	Captura	Descripción								
2	<p style="text-align: center;">PERFIL LONGITUDINAL 3+760.00 - 4+585.00 ESCALA: H=1:3000 V=1:1500</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">DATUM P.F.V. 1680.00</td> <td style="width: 25%;">PROGRESIVA</td> <td style="width: 25%;">ALINEAMIENTO</td> <td style="width: 25%;">PENDIENTE</td> </tr> <tr> <td></td> <td>3+760 3+800 3+850 3+900 3+950 4+000 4+050 4+100 4+150 4+200 4+250 4+300 4+350 4+400 4+450 4+500 4+550 4+585</td> <td></td> <td> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">-15.64% EN 478.18m</div> <div style="text-align: center;">5.30% EN 169.40m</div> <div style="text-align: center;">25.78% EN 172.43m</div> <div style="text-align: center;">11.67% EN 804.65m</div> </div> </td> </tr> </table>	DATUM P.F.V. 1680.00	PROGRESIVA	ALINEAMIENTO	PENDIENTE		3+760 3+800 3+850 3+900 3+950 4+000 4+050 4+100 4+150 4+200 4+250 4+300 4+350 4+400 4+450 4+500 4+550 4+585		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">-15.64% EN 478.18m</div> <div style="text-align: center;">5.30% EN 169.40m</div> <div style="text-align: center;">25.78% EN 172.43m</div> <div style="text-align: center;">11.67% EN 804.65m</div> </div>	<p>Tramos con altas pendientes de 15.64 % y 25.78 % los cuales no tienen una zona de despeje al salir de dichas pendientes:</p> <p>Como se mencionó anteriormente de los hallazgos de Miaou et al. (1992), discutidos en el apartado 4.3.1, por el hecho de tener alta pendiente ya se tiene la probabilidad de accidentes en dichas zonas. Pero según ARRB (2020) al salir de zonas de alta pendiente, los vehículos estarán viajando a velocidades relativamente altas, y si no se tiene zona de despeje a causa de la presencia de tramos curvos, es muy posible que se produzcan despistes en la vía.</p> <p>En este caso también se observa que el diseño ha sido basado en el criterio de costo de construcción.</p>
DATUM P.F.V. 1680.00	PROGRESIVA	ALINEAMIENTO	PENDIENTE							
	3+760 3+800 3+850 3+900 3+950 4+000 4+050 4+100 4+150 4+200 4+250 4+300 4+350 4+400 4+450 4+500 4+550 4+585		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;">-15.64% EN 478.18m</div> <div style="text-align: center;">5.30% EN 169.40m</div> <div style="text-align: center;">25.78% EN 172.43m</div> <div style="text-align: center;">11.67% EN 804.65m</div> </div>							

Caso	Captura	Descripción
3	<p style="text-align: center;">2020 PERFIL LONGITUDINAL 6+930.00 - 7+500.00 2020</p> <p style="text-align: center;">ESCALA: H=1:3000 V=1:1500</p> <p>DATUM ELEV 1915.00</p> <p>PROGRESIVA</p> <p>ALINEAMIENTO</p> <p>PENDIENTE</p> <p style="text-align: center;">21.36% EN 519.58m</p>	<p>Tramo con alta pendiente de 21.36 %, con múltiples curvas horizontales, que propicia los accidentes de tránsito.</p> <p>Este caso es similar al caso 1.</p>

Nota. Elaboración propia.



5.2.6 Evaluación la coordinación de geometría horizontal y vertical

En este caso no es necesario tal análisis, debido a que las curvas verticales tienen una longitud de 150 m, las cuales abarcan a más de una curva horizontal, además, generan tasas de cambio de pendiente muy suaves (a mayor factor K, menor tasa de cambio de pendiente), esto se puede observar la Tabla 70 y Tabla 71.

5.3 Fase 2: elaboración de propuesta de diseño geométrico al proyecto original

De la evaluación de seguridad vial realizada al proyecto original, se concluyó que se tiene deficiencias de seguridad en la sección transversal, la geometría horizontal y geometría vertical. Es por este motivo, que en este trabajo de investigación se propone una geometría en planta y en perfil, considerando la seguridad vial como criterio principal en el diseño.

Los criterios considerados para la elaboración de la propuesta son los siguientes:

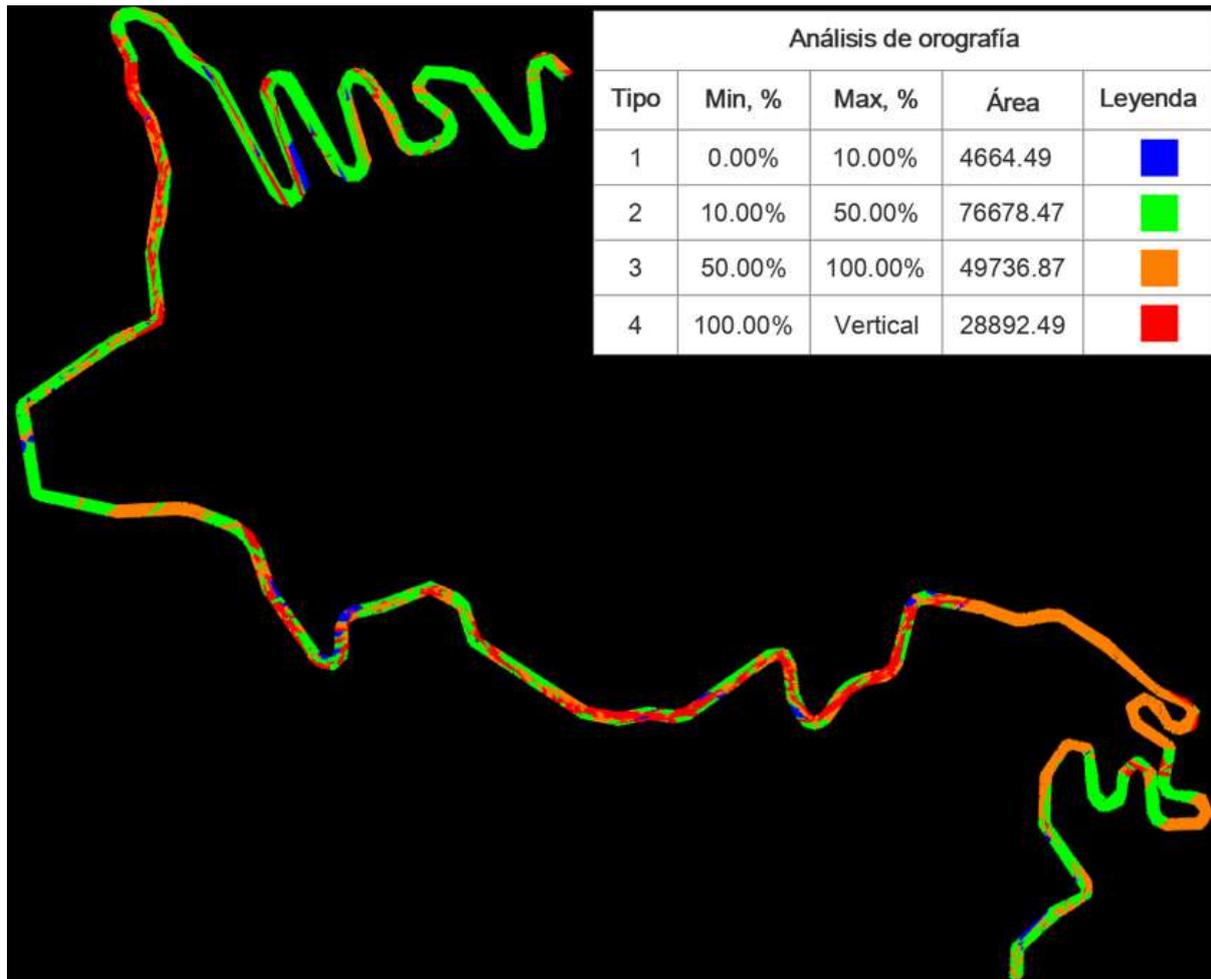
- De la evaluación de distancia visual del proyecto original, se tiene solo una posibilidad de adelantamiento en todo el proyecto, lo cual indica que en este proyecto es difícil asegurar distancias de adelantamiento. Debido a esto, de acuerdo con el PRTC se utilizarán plazoletas y se colocará una calzada de 3.5 m, esto con el fin de que los conductores no tengan la tendencia de realizar maniobras de adelantamiento o de cruce en zonas fuera de las plazoletas.
- Al utilizar plazoletas la distancia visual que debe cumplirse en todo el proyecto es la distancia de encuentro, para que los vehículos no choquen y puedan ir a la plazoleta más cercana para realizar la maniobra de cruce. Esto no quiere decir que se debe dejar de lado la distancia visual de parada, al contrario, se debe utilizar esta distancia para dimensionar los elementos geométricos y luego verificar la distancia de encuentro y aplicar ajustes a los elementos de ser necesario. De esta manera se evita sobredimensionar los elementos, en el caso de utilizar la distancia de encuentro como base de dimensionamiento.
- Ante las grandes pendientes mostradas en el proyecto original, es necesario modificar el trazo en planta y perfil, buscando suavizarlas.

Bajo los criterios mencionados, a continuación, se describe el dimensionamiento de los elementos geométricos para la propuesta de diseño:

5.3.1 Clasificación orográfica

Utilizando el software *AutoCAD Civil 3D*, se evalúa el nuevo trazo realizado, debido a que la orografía depende de la pendiente transversal al eje de la vía. Entonces, la Figura 42 muestra el tipo de terreno categorizado por colores, observándose que el área predominante corresponde a un terreno ondulado.

Figura 42. Evaluación orográfica del trazo propuesto



Nota. Elaboración propia.

5.3.2 Parámetros de diseño geométrico

Debido a que la clasificación orográfica del nuevo trazo no cambia, y la demanda de tráfico será la misma que el proyecto original, las dimensiones de los elementos geométricos serán los mismos que fueron determinados en el apartado 5.2.2 para la evaluación de la seguridad vial del proyecto original, exceptuando lo siguiente:

- El ancho de calzada es de 3.5 m y no se requiere bermas.
- Se hace necesario el uso de plazoletas de 10 m de largo, con ancho de calzada total de 5.5 m y longitudes de transición de 5 m, estas plazoletas deben estar distanciadas alrededor de 500, siempre buscando su adecuada visibilidad.
- No se requiere administrar distancias de adelantamiento, porque para las maniobras de cruce o adelantamiento se administran las plazoletas.

Bajo las consideraciones mencionadas, los parámetros de partida para el diseño geométrico son los que se muestran en la Tabla 73. Los planos de planta y perfil se muestran en el apartado de Planos B. Planos de la geometría recomendada, mientras que las secciones

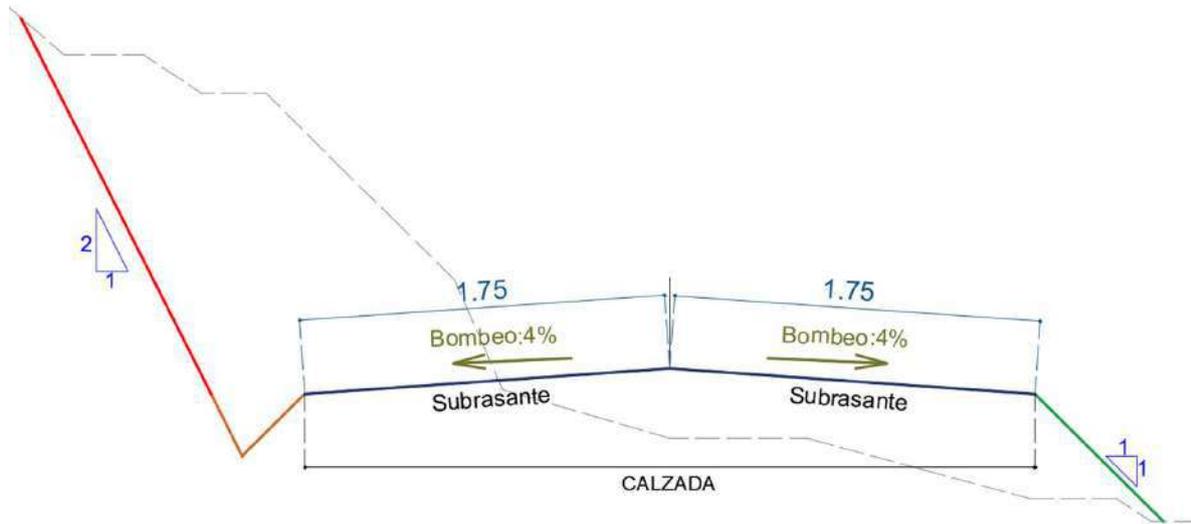
de vía en tramo recto, en tramo curvo y en zona de plazoleta, en la Figura 43, Figura 44 y Figura 45, respectivamente. Además, el detalle en planta de las plazoletas y las progresivas de su ubicación se encuentra detallado en la Figura 46.

Tabla 73. Parámetros recomendados para el proyecto

Parámetros	Valor	Descripción			
IMDA, veh/día	17	-			
Volumen de vehículos muy largos y pesados, veh/día	0	-			
Volumen de vehículos largos y pesados, veh/día	10	Al ser menor o igual a 10 veh/día, se puede diseñar como vía de IMDA < 50 veh/día.			
Orografía	Ondulada	Por lo tanto, la velocidad máxima de diseño es de 40 km/h.			
Velocidad de diseño, km/h	25	Adoptada en el expediente técnico y cumple los criterios recomendados.			
Coefficiente de fricción lateral	0.165	-			
Plazoletas	-	Largo 10 m, ancho total de calzada de 5.5 m y transiciones de 5 m. Distanciadas alrededor de 500 m.			
Ancho de calzada, m	3.5	Bajo la condición de uso de plazoletas.			
Bombeo, %	4	-			
Peralte, %	6	-			
Pendiente, %	10	-			
Radio mínimo de curva horizontal, m	25	-			
Longitud de transición de peralte, m	12	-			
Longitud de transición de bombeo, m	8	-			
Longitud mínima de tramo recto entre curvas, m	30	Considera el 60 % de la longitud de transición de peralte.			
Sobreecho en tramo curvo, m	1.3	Número de carriles	1	Distancia entre ejes (L), m	6.1
Distancia de parada (SSD), m		-			
Distancia de encuentro, m	30	-			
Longitud mínima de curva convexa, m	K	1			
Longitud mínima de curva cóncava, m	K	2			

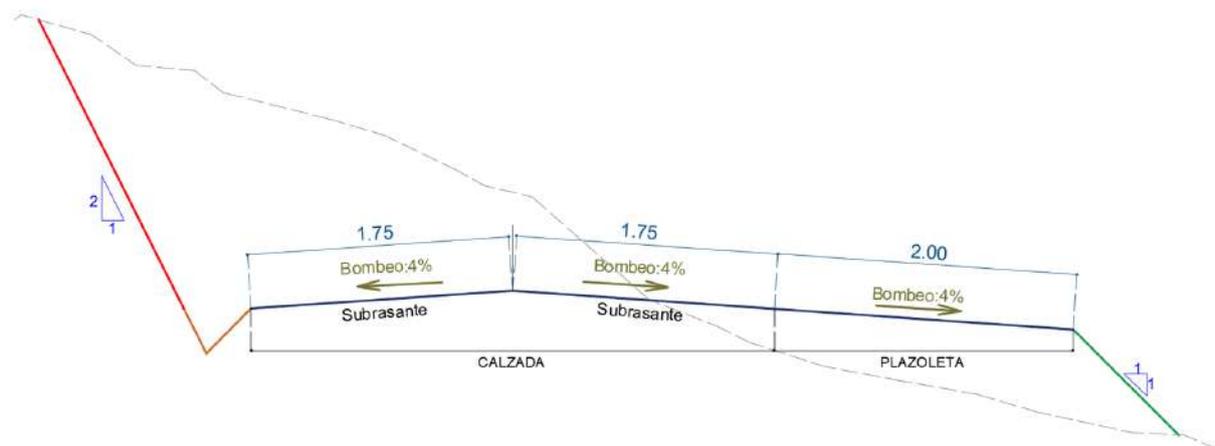
Nota. Elaboración propia.

Figura 43. Sección típica recomendada en tramo recto



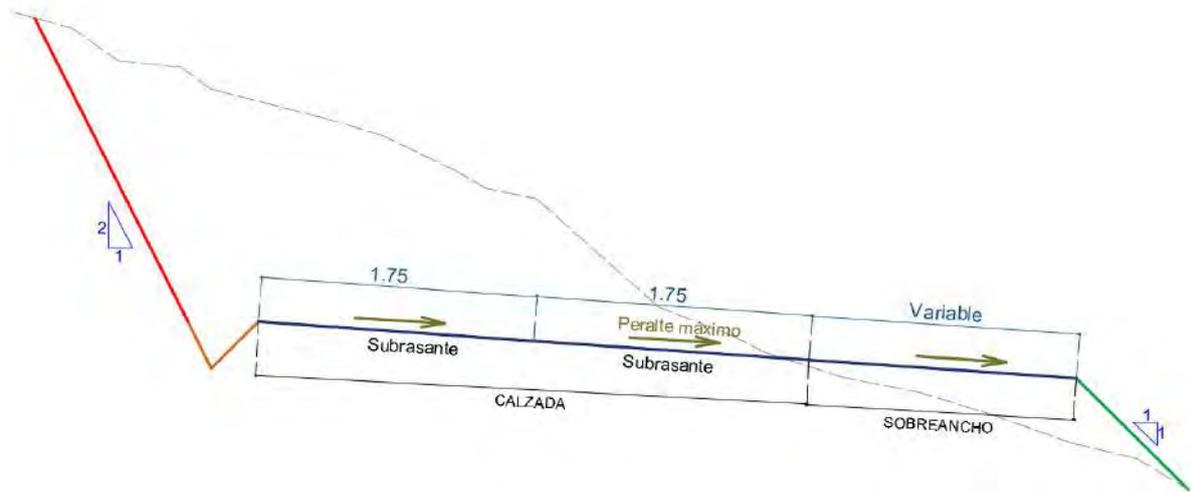
Nota. Elaboración propia.

Figura 44. Sección típica recomendada en tramo recto con plazoleta



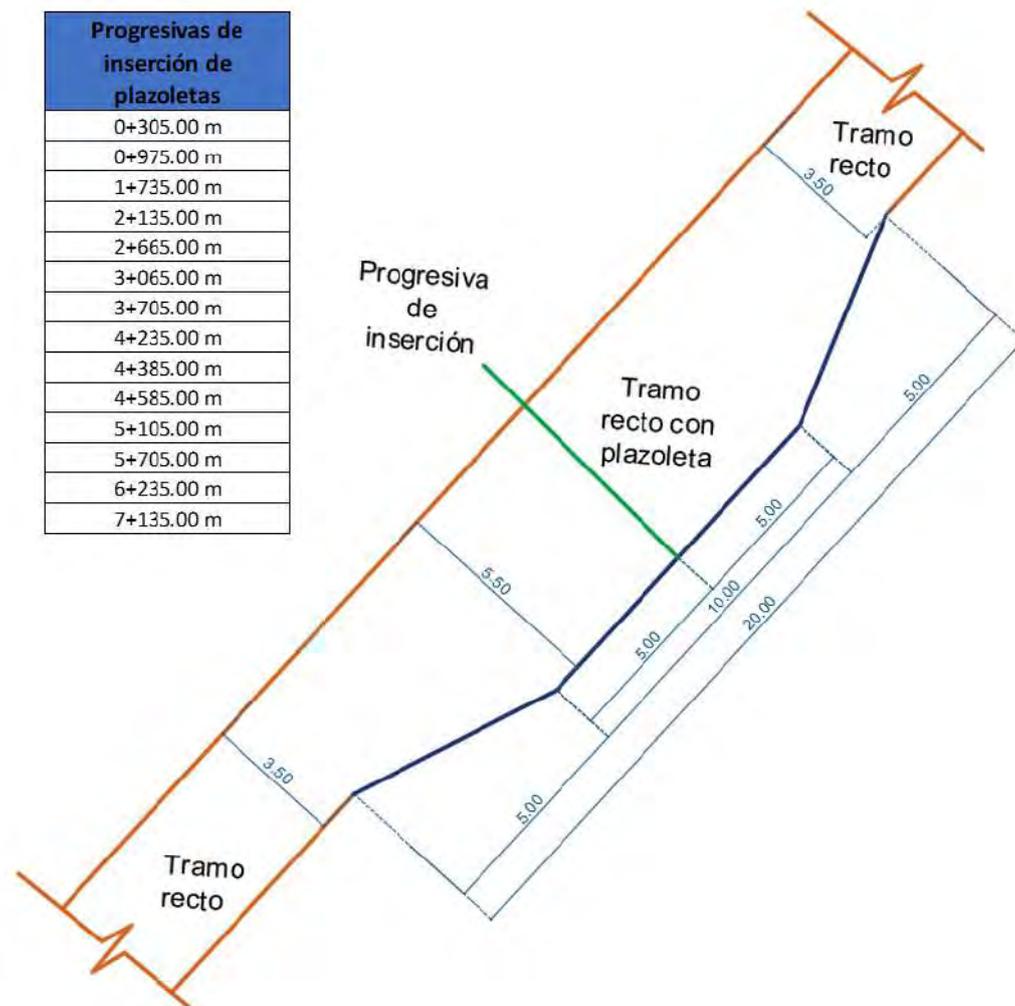
Nota. Elaboración propia.

Figura 45. Sección típica recomendada en tramo curvo



Nota. Elaboración propia.

Figura 46. Detalle en planta de plazoletas y sus progresivas de ubicación



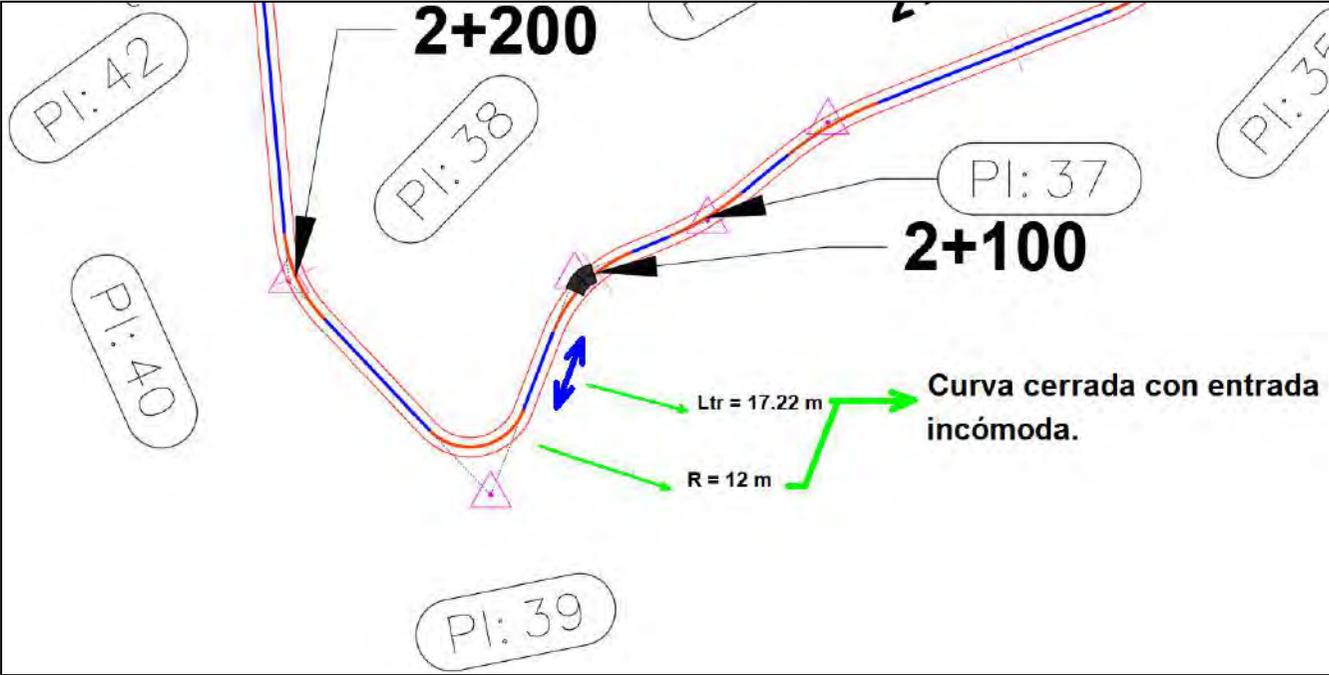
Nota. Elaboración propia.

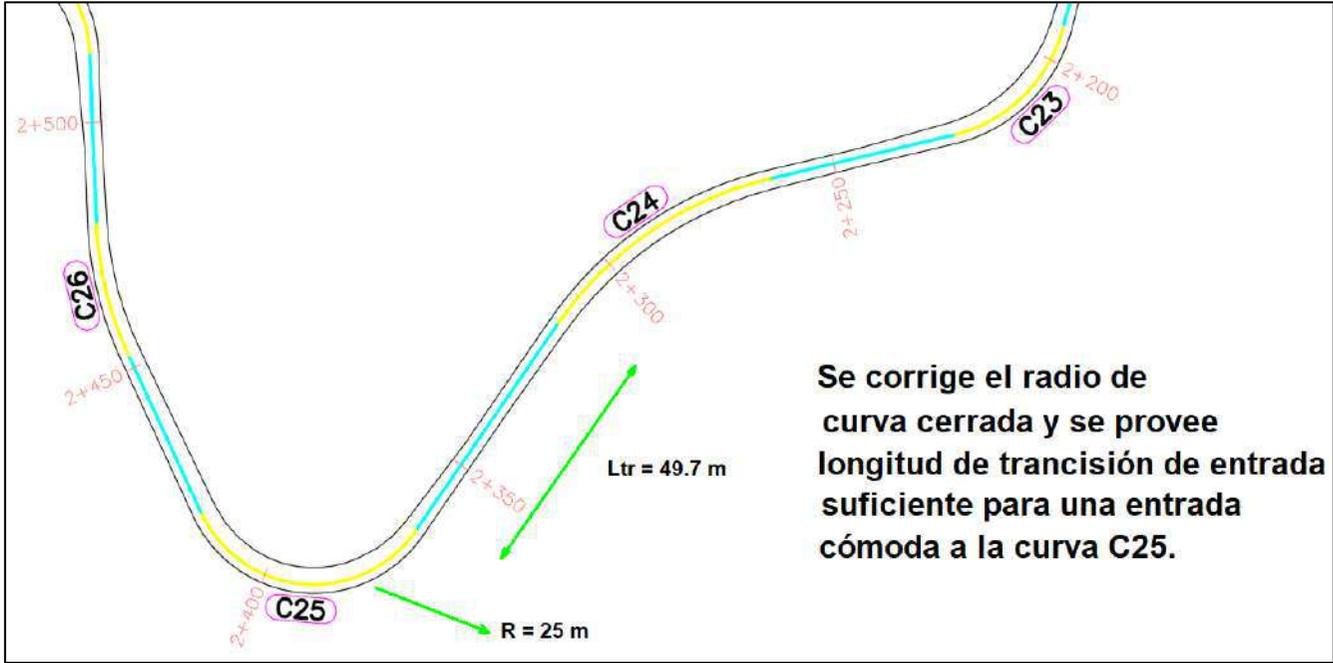
5.3.3 Principales modificaciones realizadas al trazo de la geometría

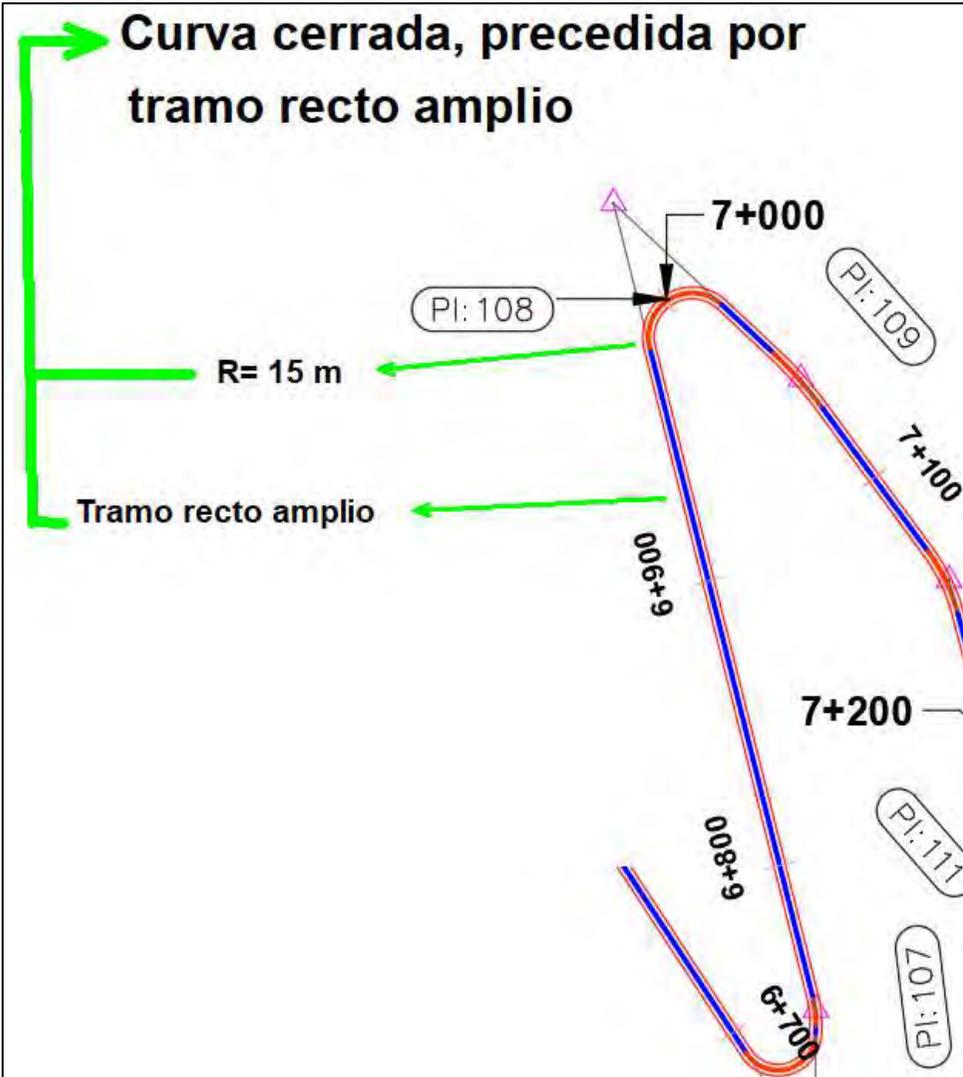
A modo de ilustración en este apartado se mostrarán los cambios más significativos realizados al proyecto original (ver Tabla 74), aclarando que todos estos cambios pueden ser visualizados al comparar los planos del proyecto original y de la geometría recomendada, que están al final de esta investigación.

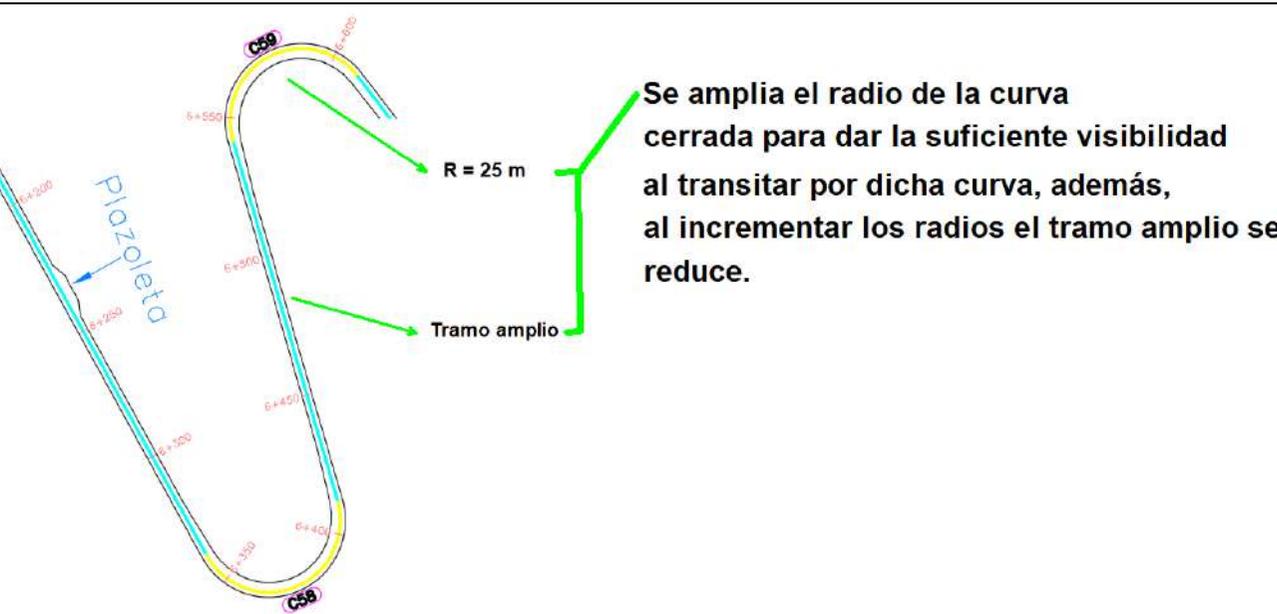


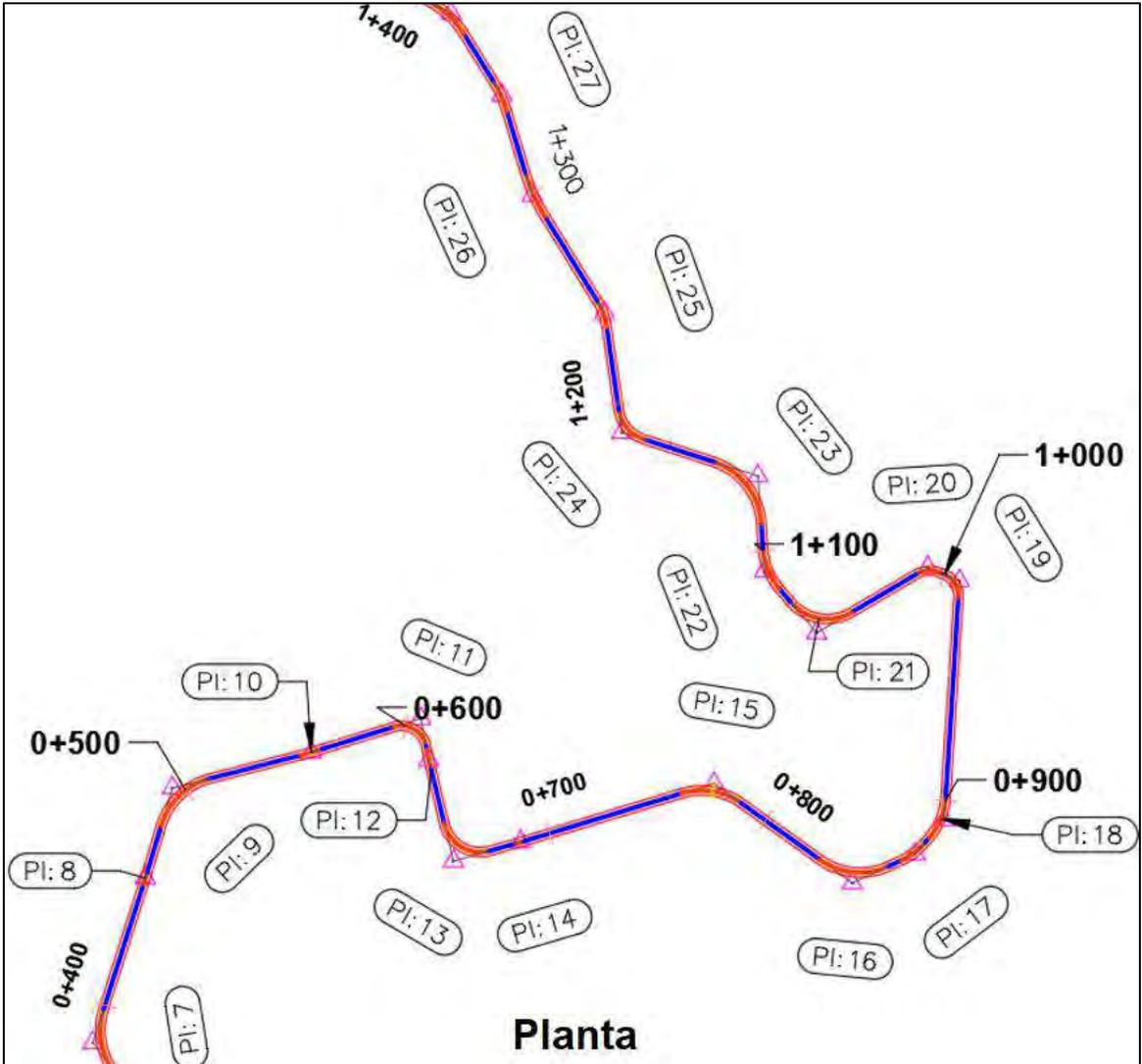
Tabla 74. Modificaciones al trazo original

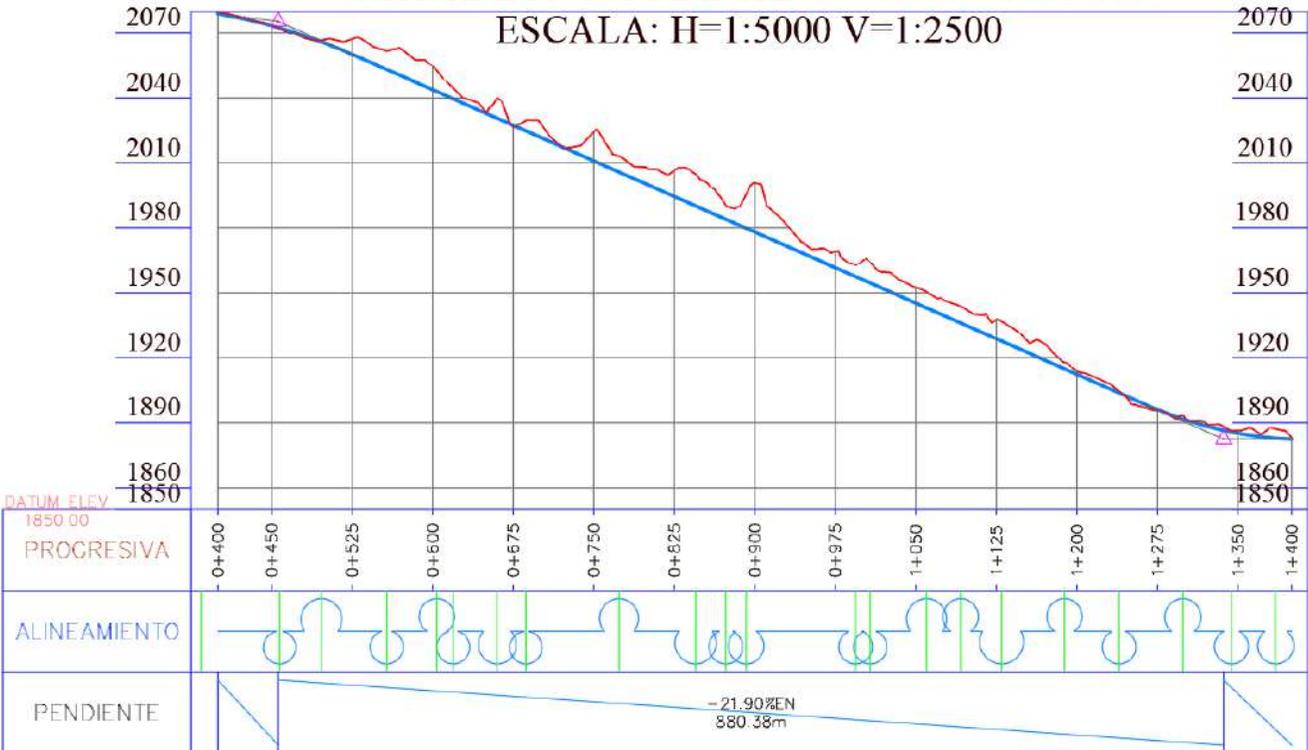
Caso	Captura	Descripción
1	<p>Planta del proyecto original:</p> 	<p>Caso de curva cerrada y ausencia de longitudes de transición de peralte, en este apartado solo se describe una zona, otras zonas se pueden identificar en el apartado 5.2.4.1:</p> <p>La curva 39 presenta un radio de curvatura horizontal por debajo de lo mínimo requerido (25 m) y, además, en su entrada no se tiene la longitud de desarrollo suficiente para que desarrolle su peralte, porque la curva anterior necesita 15 m para regresar al bombeo normal, entonces, la curva 39 empieza sin tener espacio suficiente para desarrollar su peralte. De esta manera, cuando se ingresa a la curva 39 no se tiene la comodidad adecuada debido a la falta de transición suave de peralte, además, la curva es cerrada, por lo que no brinda una</p>

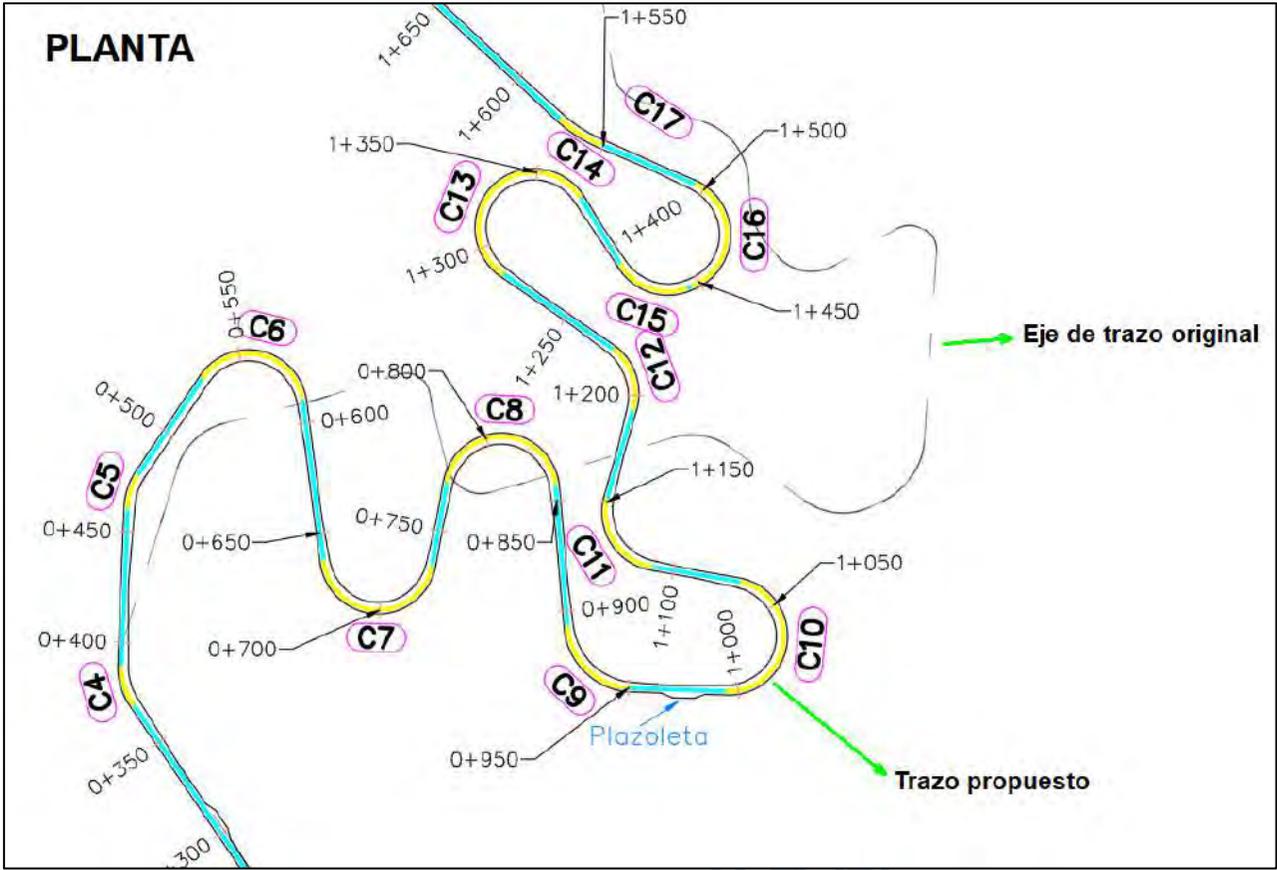
Caso	Captura	Descripción
	<p data-bbox="293 240 526 268">Planta propuesta:</p>  <p data-bbox="1108 635 1626 834">Se corrige el radio de curva cerrada y se provee longitud de transición de entrada suficiente para una entrada cómoda a la curva C25.</p>	<p data-bbox="1659 240 2040 699">distancia visual adecuada. Como consecuencia de lo mencionado, si un vehículo llega en la otra dirección es muy probable que ocurra un choque o en el caso de que alguien o algo aparezca de improvisto, el conductor no tendrá tiempo necesario para reaccionar, ocasionando así un accidente.</p> <p data-bbox="1659 711 2040 1129">Ante este caso, en la geometría propuesta se amplía la curva C25 (que en el proyecto original es la curva 39) y el incremento del tramo recto que la precede para que el ingreso a dicha curva sea más cómodo, propiciado así mejores condiciones de comodidad y seguridad.</p>

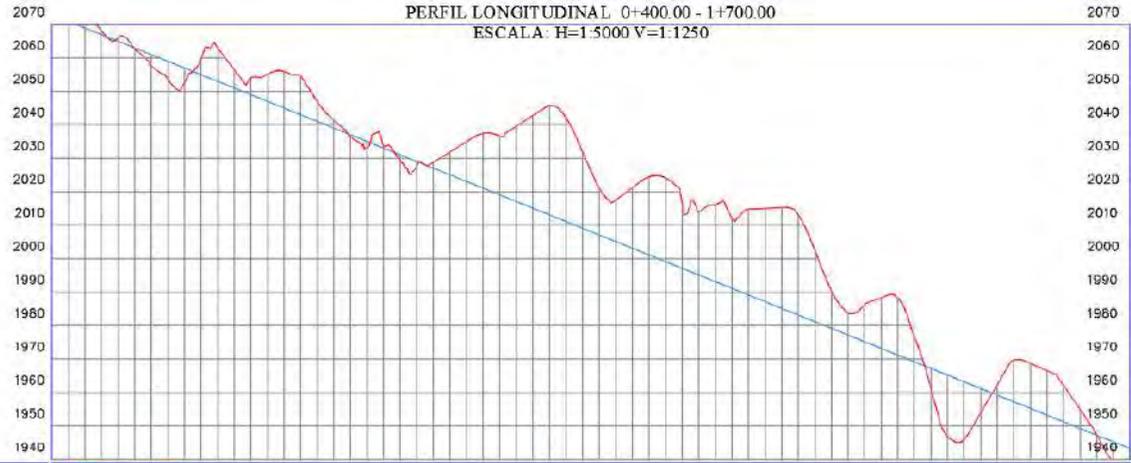
Caso	Captura	Descripción
2	<p>Planta del proyecto original:</p>  <p>Curva cerrada, precedida por tramo recto amplio</p> <p>R= 15 m</p> <p>Tramo recto amplio</p> <p>PI: 108</p> <p>PI: 109</p> <p>PI: 110</p> <p>PI: 111</p> <p>7+000</p> <p>7+100</p> <p>7+200</p> <p>6+700</p>	<p>Caso de curva cerrada precedida de un tramo amplio, en este apartado solo se describe una zona, otras zonas se pueden identificar en el apartado 5.2.4.1:</p> <p>La curva 108 tiene un radio por debajo de lo mínimo requerido (25 m), por lo que no brinda distancias de visibilidad adecuada para reaccionar ante la presencia de un vehículo opuesto o algún obstáculo que aparezca de improviso. Esto último, será más peligroso al tener un tramo recto amplio (alrededor de 300 m) antes de la curva, ya que el conductor tenderá a aumentar la velocidad.</p> <p>En la geometría propuesta, se incrementa el radio de la curva C59 (que sería la curva 108 en el proyecto original), además, se acerca las curvas para reducir el tramo amplio a alrededor de 150 m,</p>

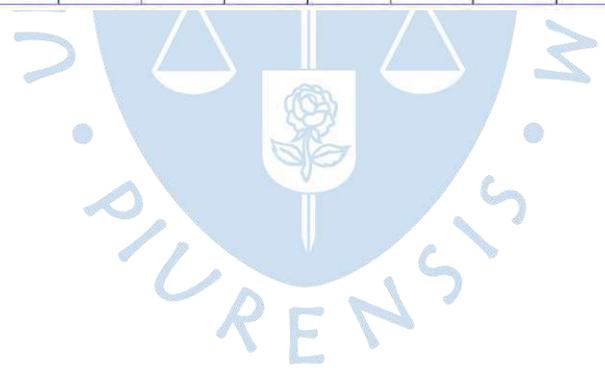
Caso	Captura	Descripción
	 <p data-bbox="963 343 1601 558">Se amplia el radio de la curva cerrada para dar la suficiente visibilidad al transitar por dicha curva, además, al incrementar los radios el tramo amplio se reduce.</p>	<p data-bbox="1657 231 2038 422">mejorando de esta manera la conducta del conductor ante la geometría, en consecuencia, se reduce la ocurrencia de accidentes.</p>

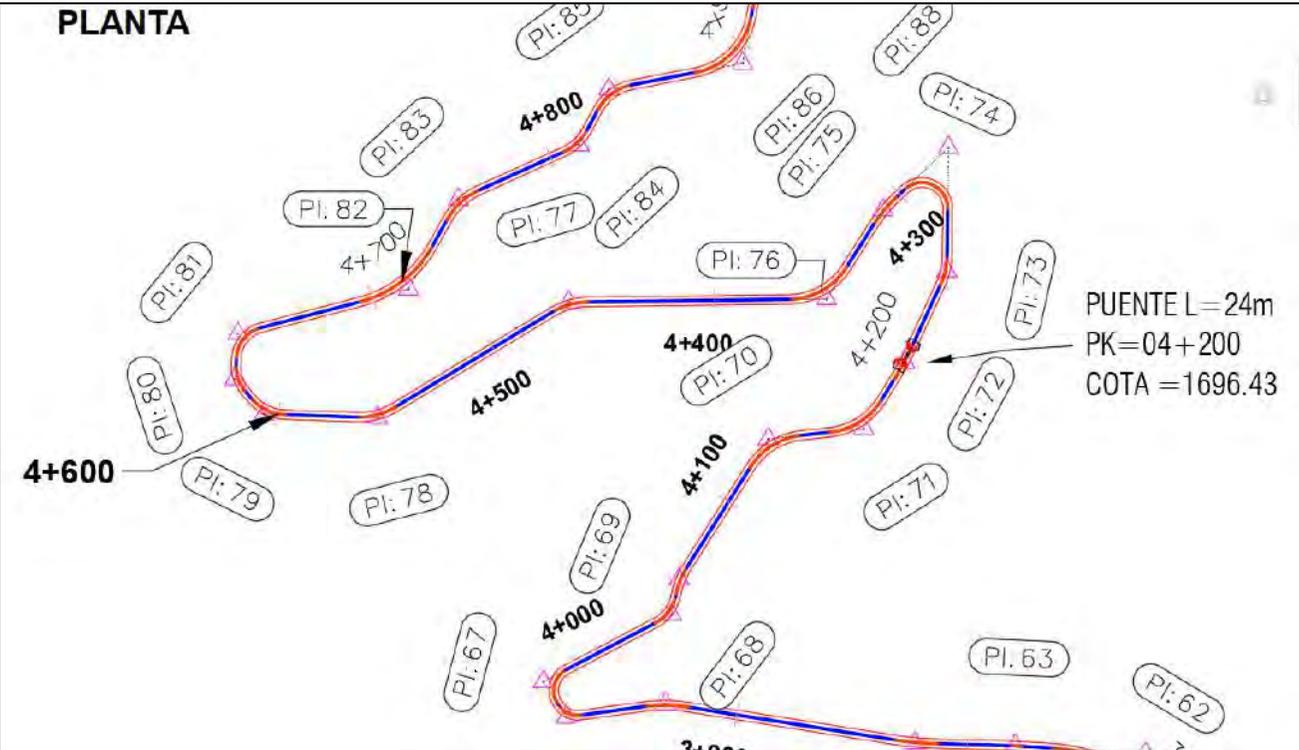
Caso	Captura	Descripción
3	<p data-bbox="291 236 761 268">Planta y perfil del proyecto original:</p>  <p data-bbox="896 1300 1030 1348" style="text-align: center;">Planta</p>	<p data-bbox="1657 236 2038 1173"> Caso de alta pendiente en tramo de 0+400 a 1+400: En el tramo de alta pendiente (21.9 %) del proyecto original se desarrolla en una longitud de 1000 m, por lo que en la propuesta de diseño se modifica el trazo para que se desarrolle en 1250 m, bajo la aplicación de tramos paralelos que permiten un cambio de pendiente más suave. Además, se acerca los tramos paralelos para que no se tenga llegar a la depresión (cota alrededor de 1880 m.s.n.m.) que está por la progresiva 1+400 del proyecto original, que en la geometría propuesta estaría por la progresiva 1+650, bajo una cota alrededor de 1940 m.s.n.m. </p> <p data-bbox="1657 1181 2038 1372"> De esta manera se reduce la pendiente a 9.97 %, consiguiendo mejorar la seguridad de los usuarios, ya que la tendencia de </p>

Caso	Captura	Descripción
	<p style="text-align: center;">PERFIL LONGITUDINAL 0+400.00 - 1+400.00 ESCALA: H=1:5000 V=1:2500</p>  <p>DATUM ELEV 1850.00 PROGRESIVA 0+400 0+450 0+525 0+600 0+675 0+750 0+825 0+900 0+975 1+050 1+125 1+200 1+275 1+350 1+400</p> <p>ALINEAMIENTO</p> <p>PENDIENTE -21.90%EN 880.38m</p>	<p>aumentar la velocidad se ve controlada.</p>

Caso	Captura	Descripción
	<p>Planta y perfil propuesto:</p>  <p>PLANTA</p> <p>The diagram illustrates a road layout with two main alignments: the 'Eje de trazo original' (original alignment) shown as a thin grey line and the 'Trazo propuesto' (proposed alignment) shown as a thick yellow line. The proposed alignment includes several curves labeled C4 through C17. Stationing is provided along both alignments, with the proposed alignment starting at 0+350 and ending at 1+000. A 'Plazoleta' (plaza) is indicated at station 0+950. A green arrow points to the 'Eje de trazo original' and another green arrow points to the 'Trazo propuesto'. A blue arrow points to the 'Plazoleta'.</p>	

Caso	Captura	Descripción				
	<p style="text-align: center;">PERFIL LONGITUDINAL 0+400.00 - 1+700.00 ESCALA: H=1:5000 V=1:1250</p>  <table border="1" data-bbox="324 734 1612 837"> <tr> <td>PENDIENTES</td> <td>-9.97%</td> </tr> <tr> <td>KILOMETRAJE</td> <td>0+500 0+600 0+700 0+800 0+900 1+000 1+100 1+200 1+300 1+400 1+500 1+600</td> </tr> </table>	PENDIENTES	-9.97%	KILOMETRAJE	0+500 0+600 0+700 0+800 0+900 1+000 1+100 1+200 1+300 1+400 1+500 1+600	
PENDIENTES	-9.97%					
KILOMETRAJE	0+500 0+600 0+700 0+800 0+900 1+000 1+100 1+200 1+300 1+400 1+500 1+600					



Caso	Captura	Descripción
4	<p>Planta y perfil del proyecto original:</p> <p>PLANTA</p>  <p>PUENTE L=24m PK=04+200 COTA =1696.43</p>	<p>Caso de alta pendiente en tramo de 4+000 a 4+600, de la geometría original:</p> <p>En este tramo la vía va hasta el punto más bajo, que sería el puente, en longitudes cortas, debido a esto en la entrada se tiene una pendiente de 15.64 % y en la salida 25.78 %.</p> <p>Ante esto en la geometría propuesta, se opta por reubicar el puente aguas arriba, de esta manera en vez de bajar hasta una cota de 1696.43 m.s.n.m. (ubicación original del puente), se baja solo hasta una cota de 1757.72 m.s.n.m. Bajo este ajuste, se obtiene una pendiente en la entrada de 9.97 % y en la salida de 9.43 %.</p> <p>En la geometría propuesta se ha preferido no colocar longitudes de curvas verticales muy altas (150 m), como lo hacen en la geometría original. En tal</p>

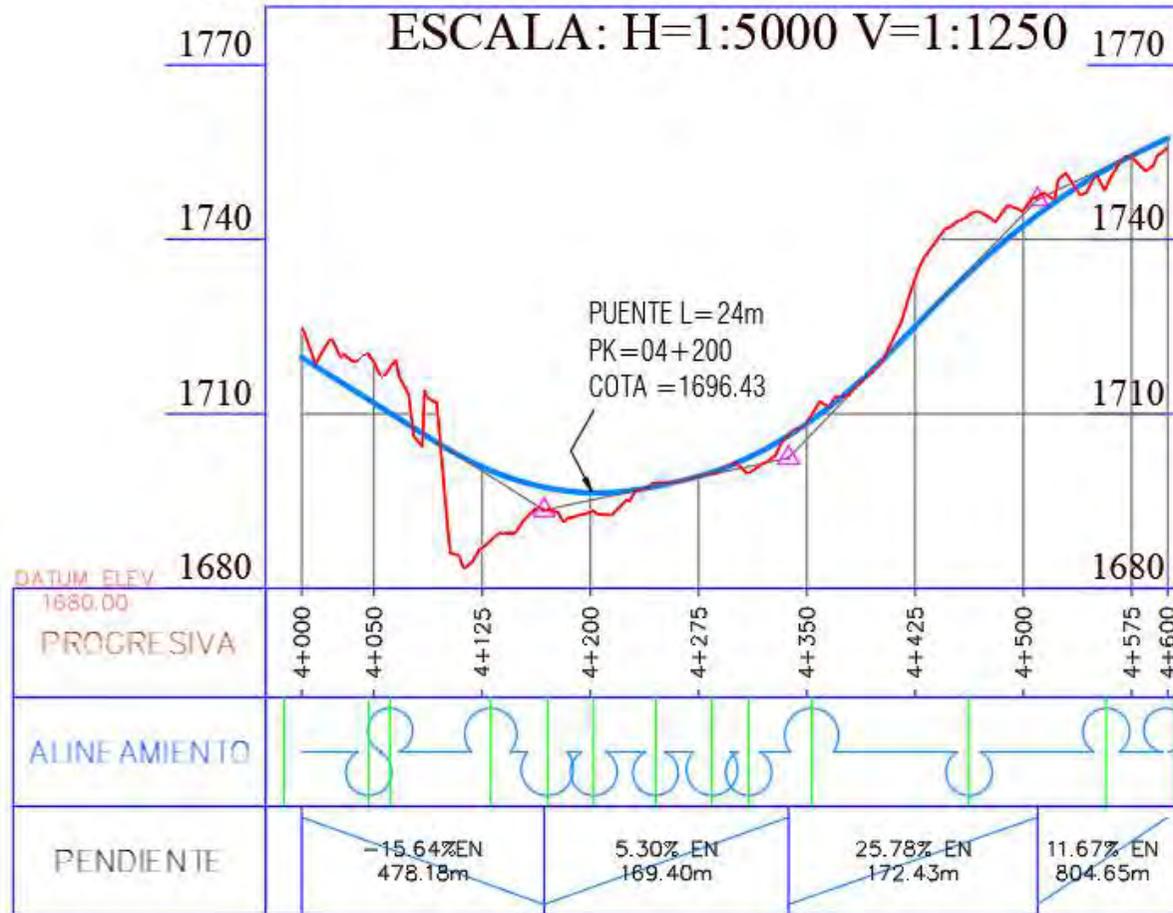
Caso

Captura

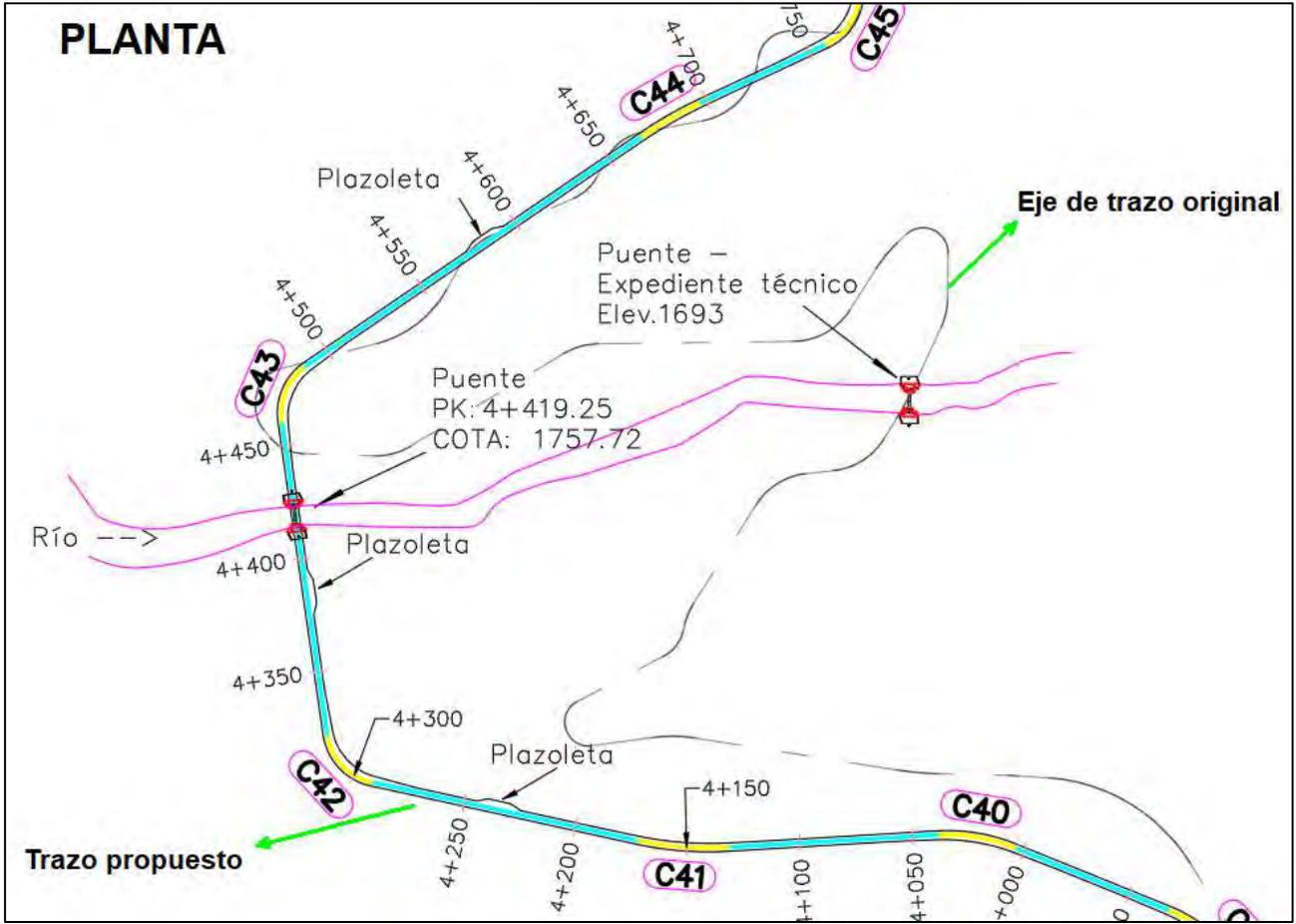
Descripción

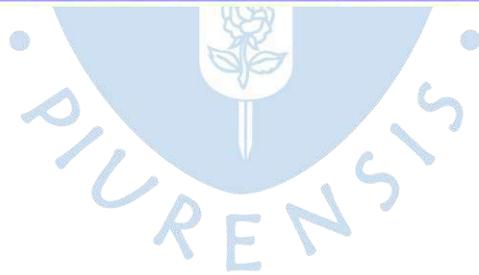
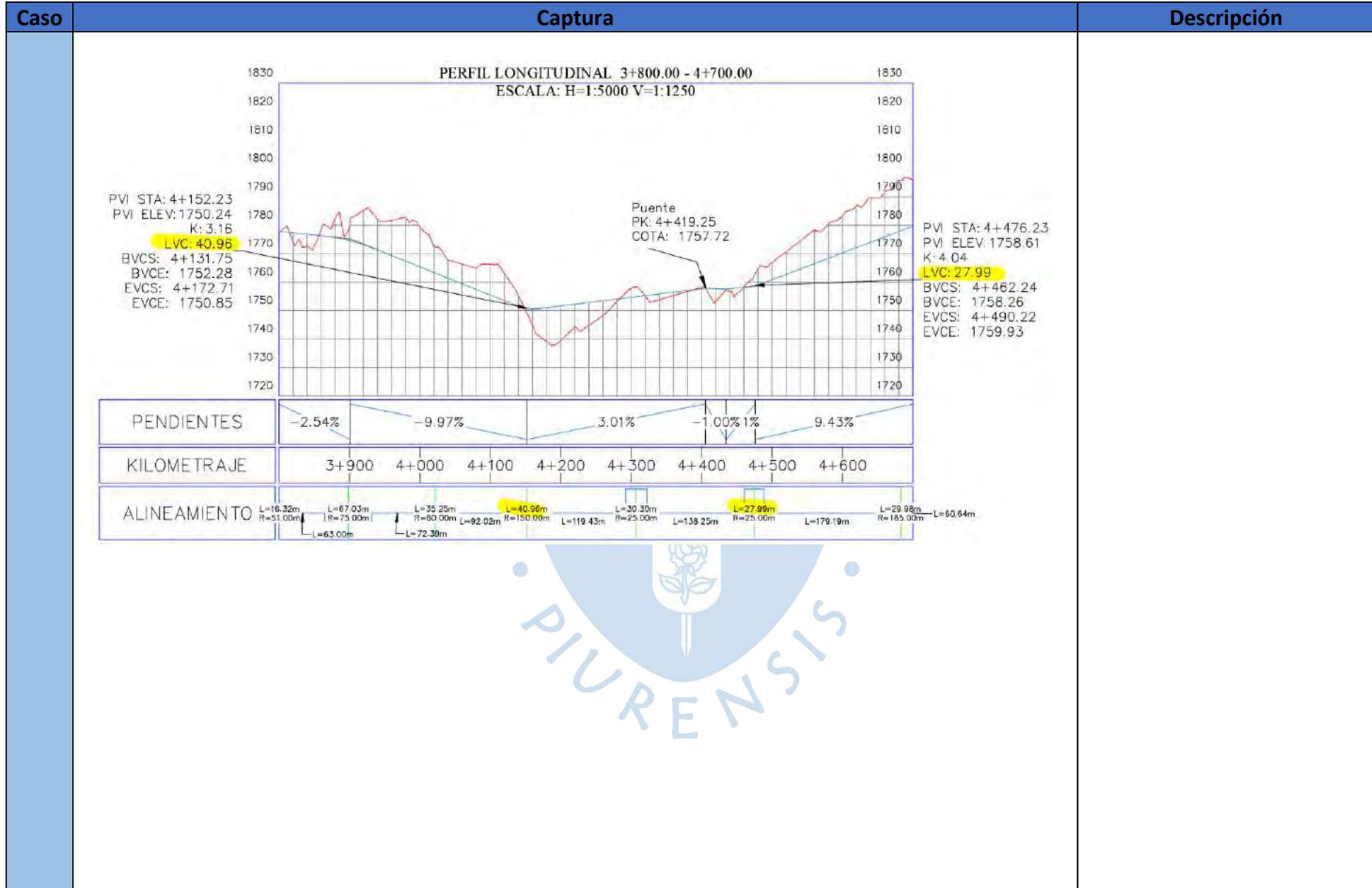
PERFIL LONGITUDINAL 4+000.00 - 4+600.00

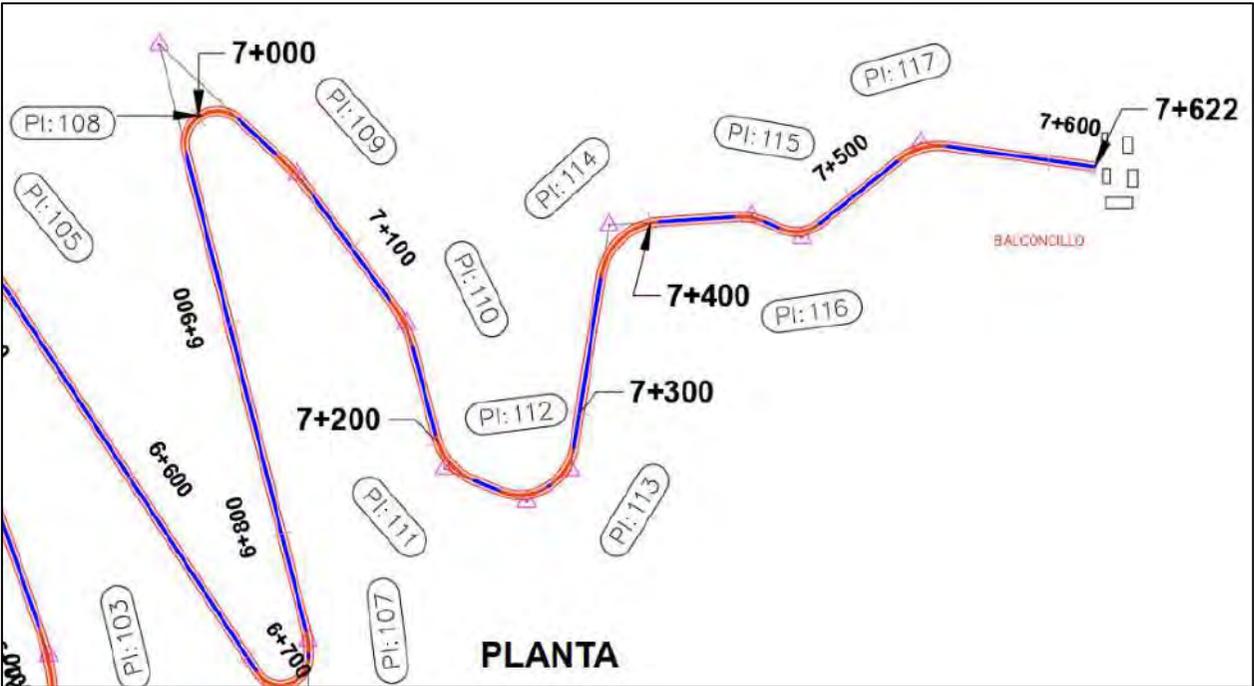
ESCALA: H=1:5000 V=1:1250

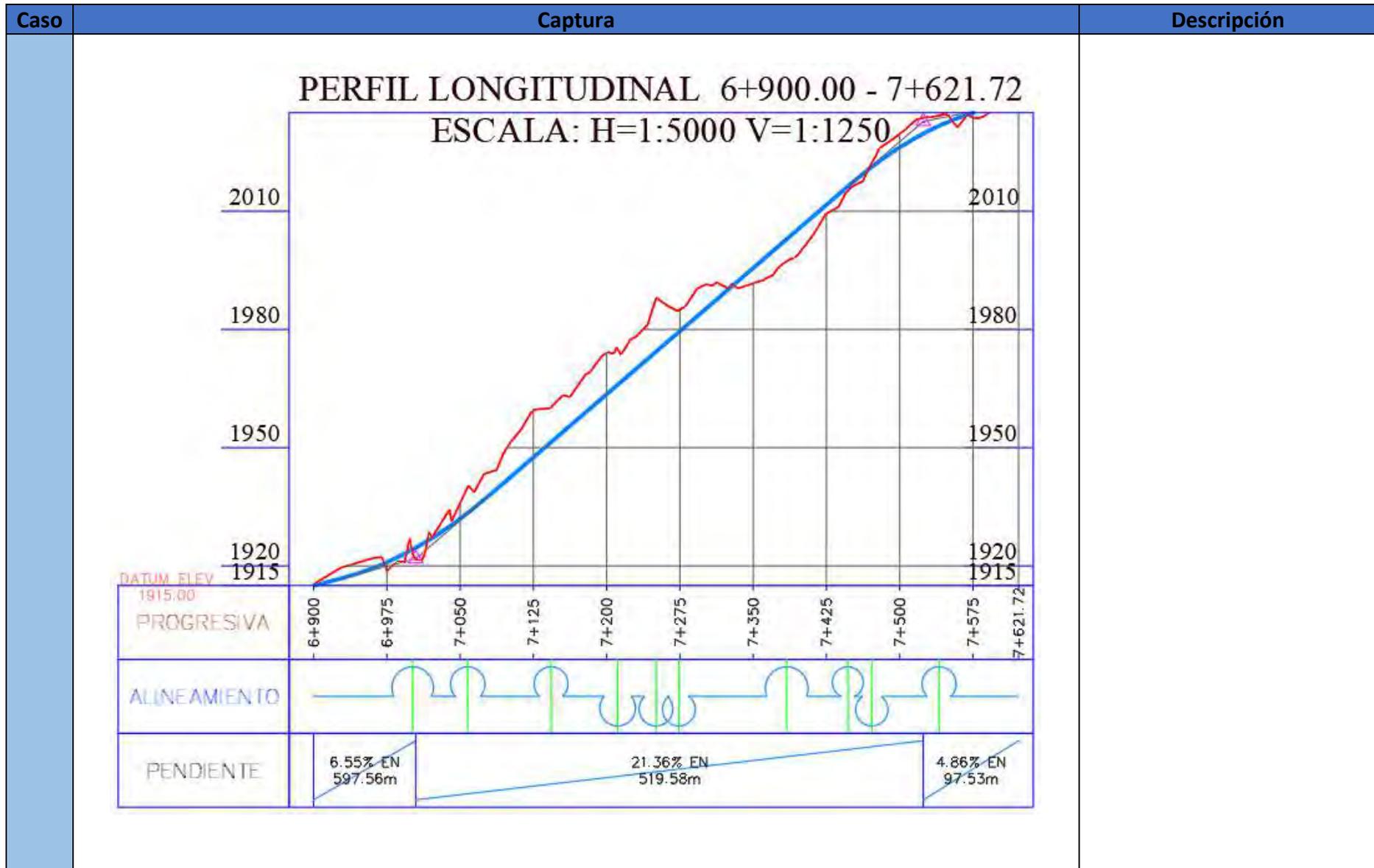


sentido, se tiene el cuidado de coordinar las curvas verticales con las horizontales para evitar sorprender a los conductores. Esto se puede apreciar en el perfil propuesto, donde las curvas verticales y horizontales coinciden en ubicación y longitud.

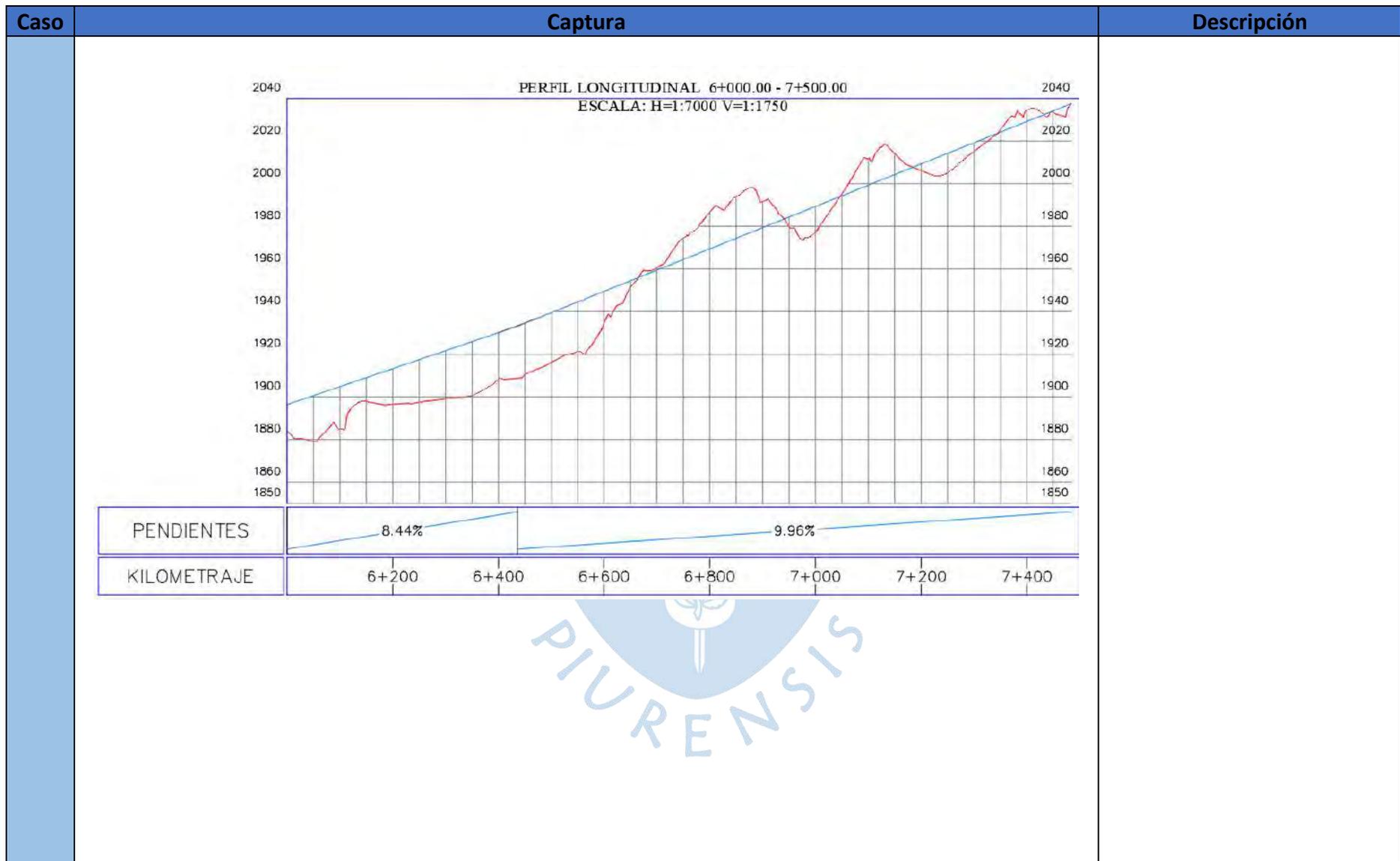
Caso	Captura	Descripción
	<p>Planta y perfil propuesto:</p>  <p>PLANTA</p> <p>Trazo propuesto</p> <p>Eje de trazo original</p> <p>Río</p> <p>Plazoleta</p> <p>Puente - Expediente técnico Elev.1693</p> <p>Puente PK: 4+419.25 COTA: 1757.72</p> <p>CA2, CA3, CA4, CA5, C40, C41, C42</p> <p>4+000, 4+050, 4+100, 4+150, 4+200, 4+250, 4+300, 4+350, 4+400, 4+450, 4+500, 4+550, 4+600, 4+650, 4+700, 4+750</p>	



Caso	Captura	Descripción
5	<p data-bbox="291 236 761 268">Planta y perfil del proyecto original:</p>  <p data-bbox="806 901 963 941">PLANTA</p>	<p data-bbox="1657 236 2038 343">Caso de alta pendiente en tramo de 6+900 a 7+622.72, de la geometría original:</p> <p data-bbox="1657 351 2038 813">En el tramo de alta pendiente (21.36 %) del proyecto original se desarrolla en una longitud de 720 m, por ello, en la propuesta de diseño se modifica el trazo para que se desarrolle en 985 m, bajo la aplicación de tramos paralelos que permiten un cambio de pendiente más suave.</p>



Caso	Captura	Descripción
	<p>Planta y perfil propuesto:</p> <div data-bbox="331 272 1592 1173"> <h3 style="text-align: center;">PLANTA</h3> <p>The diagram illustrates a road layout with the following features:</p> <ul style="list-style-type: none"> Proposed Alignment (Trazo propuesto): Highlighted in yellow and cyan, showing a path that deviates from the original alignment in several places. Original Alignment (Eje de trazo original): Shown as a grey line, representing the existing road layout. Stationing: Numerical markers along the route, such as 6+350, 6+400, 6+450, 6+500, 6+550, 6+600, 6+650, 6+700, 6+750, 6+800, 6+850, 6+900, 6+950, 7+000, 7+050, 7+100, 7+150, 7+200, 7+250, 7+300, 7+350, 7+400, 7+450, and 7+485. Key Points (C58-C66): Circled labels indicating specific locations or features along the route. Plazoleta: Labels indicating specific points or areas along the road. </div>	



Nota. Elaboración propia.

5.3.4 Evaluación de la seguridad vial de la geometría propuesta

En este apartado se evalúa la geometría propuesta, con el propósito de verificar que todas sus dimensiones estén acordes al PRTC, para así garantizar la seguridad de los usuarios. A partir de esto se observará, que los parámetros antes descritos para la propuesta son un primer dimensionamiento, porque en el proceso iterativo de diseño se tienen que colocar dimensiones más conservadoras y que a su vez no difiera mucho respecto a la topografía.

5.3.4.1 Evaluación de la sección transversal de la geometría propuesta

La sección transversal respecto a las dimensiones de partida (ver Tabla 73) no se modificó, por lo que cumplen directamente con lo indicado por el PRTC, ver Tabla 75.

Tabla 75. Evaluación elementos geométricos de la sección transversal propuesta

Sección transversal			
Parámetro	Colocado	PRTC	¿Cumple?
Clasificación orográfica	Ondulado		
Velocidad de diseño, km/h	25		
Ancho de calzada, m	3.5	3.5	SI
Ancho de calzada en zona de plazoletas, m	5.5	5.5	SI
Bombeo de calzada, %	4	4	SI

Nota. Elaboración propia.

5.3.4.2 Evaluación de la geometría horizontal del proyecto original

5.3.4.2.1 Peralte, radio de curvatura horizontal y sobreebanco

De la Tabla 76 se muestra como los peraltes colocados son menores al 6 %, porque en el trazo algunas curvas tienen radios mayores a los mínimos, en consecuencia, el peralte que requieren es menor.

Tabla 76. Evaluación del peralte, radio de curvatura horizontal y sobreebanco

Peralte (n, %) y sobreebanco (w, m)										
Número de	Geometría propuesta					PRTC				
	PI	R	Pendiente	n	w	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w requerido	¿Cumple?
C1	0+057.71	30	9.97%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C2	0+152.84	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C3	0+233.81	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C4	0+381.07	30	9.97%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C5	0+469.61	30	9.97%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C6	0+595.51	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C7	0+821.96	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C8	0+957.18	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C9	0+934.29	30	9.97%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C10	1+355.44	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C11	1+138.28	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C12	1+211.87	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C13	1+399.00	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C14	1+364.55	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C15	1+430.68	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C16	1+507.24	25	9.97%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C17	1+563.13	65	9.97%	4%	0.7	4%	6%	SI	0.7	SI
C18	1+687.53	90	9.97%	4%	0.6	4%	6%	SI	0.6	SI
C19	1+793.54	50	9.97%	4%	0.9	4%	6%	SI	0.9	SI
C20	1+872.25	50	9.97%	4%	0.9	4%	6%	SI	0.9	SI
C21	1+941.84	135	9.97%	4%	0	4%	6%	SI	0	SI
C22	2+070.02	30	9.97%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C23	2+210.95	30	7.42%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C24	2+290.95	72	7.42%	4%	0.7	4%	6%	SI	0.7	SI
C25	2+409.43	25	7.42%	5%	1.5	4.1%	6%	SI	1.5	SI
C26	2+466.74	70	7.42%	4%	0.7	4%	6%	SI	0.7	SI
C27	2+559.76	25	7.42%	5%	1.5	4.1%	6%	SI	1.5	SI
C28	2+766.98	30	7.42%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C29	2+829.10	30	7.42%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C30	2+887.23	25	7.42%	5%	1.5	4.1%	6%	SI	1.5	SI
C31	2+950.67	55	7.42%	4%	0.8	4%	6%	SI	0.8	SI
C32	3+196.79	30	10.00%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C33	3+264.48	30	10.00%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C34	3+333.52	30	10.00%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C35	3+431.01	132	10.00%	4%	0	4%	6%	SI	0	SI
C36	3+508.75	30	10.00%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI

Peralte (n, %) y sobreebanco (w, m)										
Geometría propuesta						PRTC				
Número de	PI	R	Pendiente	n	w	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w requerido	¿Cumple?
C37	3+645.74	25	2.54%	4%	1.5	4%	6%	SI	1.5	SI
C38	3+793.85	51	2.54%	4%	0.8	4%	6%	SI	0.8	SI
C39	3+900.88	75	2.54%	4%	0.6	4%	6%	SI	0.6	SI
C40	4+022.28	80	9.97%	4%	0.6	4%	6%	SI	0.6	SI
C41	4+152.23	150	9.97%	4%	0	4%	6%	SI	0	SI
C42	4+309.34	25	3.01%	4%	1.5	4%	6%	SI	1.5	SI
C43	4+476.23	25	2.51%	4%	1.5	4%	6%	SI	1.5	SI
C44	4+682.77	185	9.43%	4%	0	4%	6%	SI	0	SI
C45	4+776.85	25	9.43%	5%	1.5	4.5%	6%	SI	1.5	SI
C46	4+897.85	30	9.43%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C47	4+974.02	100	9.43%	4%	0.5	4%	6%	SI	0.5	SI
C48	5+055.53	30	9.43%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C49	5+158.26	50	9.43%	4%	0.9	4%	6%	SI	0.9	SI
C50	5+217.92	30	9.43%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C51	5+278.49	30	9.43%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C52	5+395.77	26	9.43%	4%	1.4	4%	6%	SI	1.4	SI
C53	5+450.74	30	8.44%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C54	5+523.33	30	8.44%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C55	5+591.88	30	8.44%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C56	6+255.87	25	8.44%	5%	1.5	4.3%	6%	SI	1.5	SI
C57	6+436.09	25	8.44%	5%	1.5	4.3%	6%	SI	1.5	SI
C58	6+563.15	25	9.96%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C59	6+674.07	25	9.96%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C60	6+669.24	62	9.96%	4%	0.7	4%	6%	SI	0.7	SI
C61	6+774.53	30	9.96%	4%	1.3	4%	6%	SI	1.3	SI
C62	6+873.98	26	9.96%	4%	1.4	4%	6%	SI	1.4	SI
C63	7+017.85	25	9.96%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C64	7+068.51	25	9.96%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C65	7+309.50	25	9.96%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI
C66	7+475.25	25	9.96%	5%	1.5	4.6%	6%	SI	1.5	SI

Nota. Elaboración propia.

5.3.4.2.2 Longitud de transición de peralte y bombeo

En la Tabla 77 se observa que las longitudes de tramo recto colocadas (Ltr) entre curvas cumplen con los 30 m que resulta de considerar un peralte de 6 %, y como se vio en la verificación de peraltes, los peraltes colocados son como máximo 5 %, por lo tanto, las longitudes de transición de peralte serán menores, por ende, el Ltr necesario será menor, dando así un pequeño margen de seguridad adicional.

En la Tabla 77, se puede apreciar la presencia de dos curvas compuestas, porque en el tramo en que se colocaron dichas curvas, se tenía caídas de elevaciones altas en poco espacio, entonces para evitar altas pendientes en el eje, se colocan trazos paralelos, de carretera, relativamente pegados unidos por curvas compuestas (ver Figura 47).

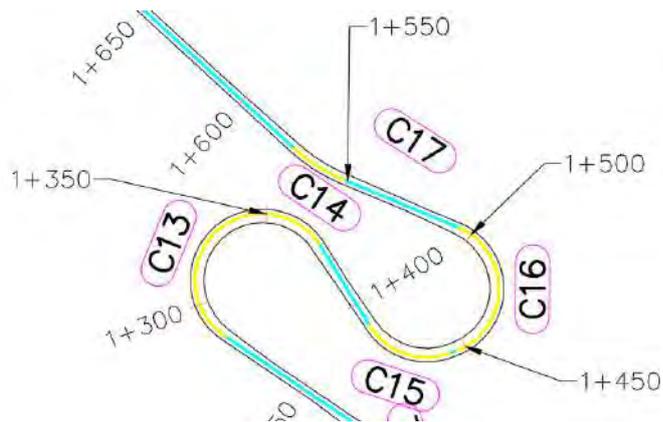
Tabla 77. Evaluación de longitudes de transición de peralte y bombeo

Longitud de tramo recto (Ltr), m					
Geometría recomendada			PRTC		
Número de curva	PI	R	Ltr	Ltr mín.	¿Cumple?
C1	0+057.71	30			
C2	0+152.84	25	79.29	30	SI
C3	0+233.81	25	47.81	30	SI
C4	0+381.07	30	123.37	30	SI
C5	0+469.61	30	70.71	30	SI
C6	0+595.51	25	52.06	30	SI
C7	0+821.96	25	73.22	30	SI
C8	0+957.18	25	38.01	30	SI
C9	0+934.29	30	63.76	30	SI
C10	1+355.44	25	43.77	30	SI
C11	1+138.28	25	40.31	30	SI
C12	1+211.87	25	41.39	30	SI
C13	1+399.00	25	59.9	30	SI
C14	1+364.55	25	0.39	30	SI, C. compuesta
C15	1+430.68	25	34.92	30	SI
C16	1+507.24	25	1.99	30	SI, C. compuesta
C17	1+563.13	65	46.02	30	SI
C18	1+687.53	90	106.45	30	SI
C19	1+793.54	50	78.83	30	SI
C20	1+872.25	50	46.2	30	SI
C21	1+941.84	135	43.59	30	SI
C22	2+070.02	30	87.8	30	SI
C23	2+210.95	30	105.88	30	SI
C24	2+290.95	72	37.93	30	SI
C25	2+409.43	25	49.72	30	SI
C26	2+466.74	70	34.38	30	SI
C27	2+559.76	25	33.55	30	SI

Longitud de tramo recto (Ltr), m					
Geometría recomendada				PRTC	
Número de curva	PI	R	Ltr	Ltr mín.	¿Cumple?
C28	2+766.98	30	187.96	30	SI
C29	2+829.10	30	46.87	30	SI
C30	2+887.23	25	48.52	30	SI
C31	2+950.67	55	47.96	30	SI
C32	3+196.79	30	224.04	30	SI
C33	3+264.48	30	45.01	30	SI
C34	3+333.52	30	42.7	30	SI
C35	3+431.01	132	72.5	30	SI
C36	3+508.75	30	42	30	SI
C37	3+645.74	25	42.62	30	SI
C38	3+793.85	51	154.77	30	SI
C39	3+900.88	75	62.99	30	SI
C40	4+022.28	80	72.39	30	SI
C41	4+152.23	150	92.02	30	SI
C42	4+309.34	25	119.42	30	SI
C43	4+476.23	25	138.25	30	SI
C44	4+682.77	185	179.2	30	SI
C45	4+776.85	25	60.63	30	SI
C46	4+897.85	30	102.42	30	SI
C47	4+974.02	100	66.58	30	SI
C48	5+055.53	30	71.07	30	SI
C49	5+158.26	50	88.45	30	SI
C50	5+217.92	30	42.03	30	SI
C51	5+278.49	30	44.72	30	SI
C52	5+395.77	26	48.18	30	SI
C53	5+450.74	30	45.41	30	SI
C54	5+523.33	30	56.98	30	SI
C55	5+591.88	30	55.77	30	SI
C56	6+255.87	25	234.96	30	SI
C57	6+436.09	25	171.46	30	SI
C58	6+563.15	25	183.26	30	SI
C59	6+674.07	25	129.74	30	SI
C60	6+669.24	62	50.1	30	SI
C61	6+774.53	30	65.64	30	SI
C62	6+873.98	26	42.37	30	SI
C63	7+017.85	25	58.84	30	SI
C64	7+068.51	25	50.13	30	SI
C65	7+309.50	25	140.64	30	SI
C66	7+475.25	25	105.93	30	SI

Nota. Elaboración propia.

Figura 47. Curvas compuestas en la geometría propuesta



Curvas compuestas:

1. Formada por C13 y C14.
2. Formada por C15 y C16.

*Las 4 curvas simples tienen un radio de 25 m
 *La longitud de tramo recto que une las curvas simples en cada curva compuesta es pequeña.
 *Las curvas simples que forman las curvas compuestas tienen el mismo sentido.

Nota. Elaboración propia.

5.3.4.2.3 Distancia visual

La distancia visual, al utilizar plazoletas, está regida por la distancia de encuentro, las mismas que se cumplen en toda la geometría propuesta, ver los primeros 200 m de este análisis en la Tabla 78, y el resto del análisis se puede visualizar en la Tabla 4 del Apéndice B.

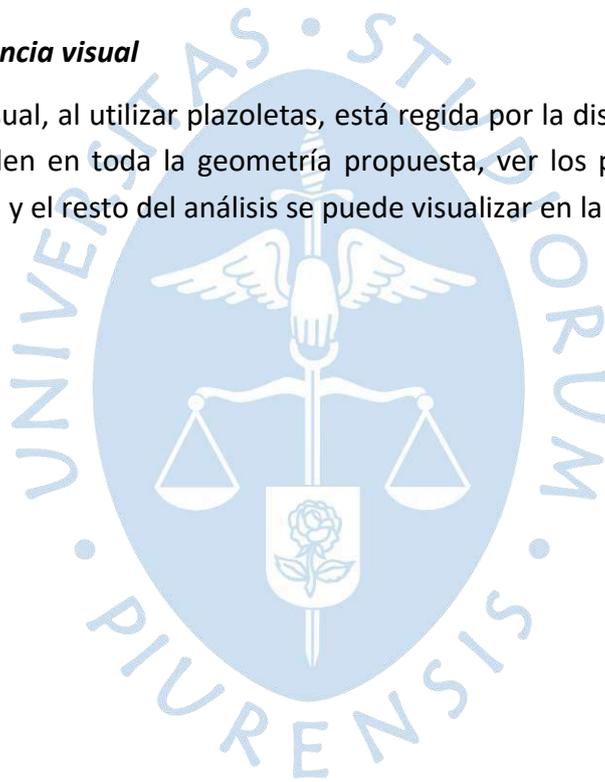


Tabla 78. Verificación de distancias de visibilidad en geometría recomendada – parte 1

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
0+000.00m	169.52	15	SI	30	SI
0+010.00m	160.09	15	SI	30	SI
0+020.00m	150.82	15	SI	30	SI
0+030.00m	141.82	15	SI	30	SI
0+040.00m	133.28	15	SI	30	SI
0+050.00m	125.44	15	SI	30	SI
0+060.00m	117.92	15	SI	30	SI
0+070.00m	109.58	15	SI	30	SI
0+080.00m	100.42	15	SI	30	SI
0+090.00m	91.59	15	SI	30	SI
0+100.00m	83.36	15	SI	30	SI
0+110.00m	76.32	15	SI	30	SI
0+120.00m	72.33	15	SI	30	SI
0+130.00m	91.28	15	SI	30	SI
0+140.00m	80.70	15	SI	30	SI
0+150.00m	69.92	15	SI	30	SI
0+160.00m	59.90	15	SI	30	SI
0+170.00m	50.48	15	SI	30	SI
0+180.00m	41.53	15	SI	30	SI
0+190.00m	33.31	15	SI	30	SI
0+200.00m	30.73	15	SI	30	SI

Nota. Elaboración propia.

5.3.4.3 Evaluación de la geometría vertical propuesta

Los elementos geométricos como son la pendiente y las curvas verticales se encuentran dentro de los rangos aceptables por esta investigación, tal como se puede observar en la Tabla 79 y Tabla 80. Se acota, que los factores K de las curvas verticales están por encima de los mínimos, porque a las curvas verticales se les colocó la misma longitud que las curvas horizontales con las que se alinean, por temas de coordinación la geometría horizontal y vertical (ver apartado siguiente).

Tabla 79. Verificación de factores K mínimos de curvas convexas y pendientes

Curvas verticales convexas y pendientes											
Proyecto						PRTC					
Número de PI	PVI	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Longitud	K	K mín.	¿Cumple?	Pendiente máx.	¿Cumple?	Pendiente min.	¿Cumple?
2	2+950.67	-7.42%	-10.00%	21 m	8.17	1.00	SI	10%	SI	0.5%	SI
4	3+900.88	-2.54%	-9.97%	67 m	9.03	1.00	SI	10%	SI	0.5%	SI
7	5+395.77	9.43%	8.44%	61 m	61.43	1.00	SI	10%	SI	0.5%	SI

Nota. Elaboración propia.

Tabla 80. Verificación de factores K mínimos de curvas cóncavas y pendientes

Curvas verticales cóncavas y pendientes											
Geometría recomendada						PRTC					
Número de PI	PVI	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Longitud	K	K mín.	¿Cumple?	Pendiente máx.	¿Cumple?	Pendiente min.	¿Cumple?
1	2+070.02	-9.97%	-7.42%	45 m	17.6	2	SI	10%	SI	0.5%	SI
3	3+508.75	-10.00%	-2.54%	40 m	5.4	2	SI	10%	SI	0.5%	SI
5	4+152.23	-9.97%	3.01%	41 m	3.2	2	SI	10%	SI	0.5%	SI
6	4+476.23	2.51%	9.43%	28 m	4.0	2	SI	10%	SI	0.5%	SI
8	6+436.09	8.44%	9.96%	75 m	49.5	2	SI	10%	SI	0.5%	SI

Nota. Elaboración propia.

5.3.4.4 Evaluación de la coordinación de geometría horizontal y vertical

En la geometría propuesta no se consideran curvas verticales bastante largas como en el proyecto original, en tal sentido, se ha cuidado de la coordinación entre curvas horizontales y verticales, es decir, que dichas curvas vayan alineadas y de ser posible tengan la misma longitud (ver Tabla 81).

Tabla 81. Verificación de coordinación de curva verticales y horizontales

Coordinación de curvas horizontales y verticales					
Curvas verticales			Curvas horizontales		
Número de PI	PVI	Longitud, m	Número curva	PI	Longitud, m
1	2+070.02	44.89	C22	2+070.02	44.89
2	2+950.67	21.11	C31	2+950.67	21.11
3	3+508.75	40.38	C36	3+508.75	40.38
4	3+900.88	67.03	C39	3+900.88	67.03
5	4+152.23	40.96	C41	4+152.23	40.96
6	4+476.23	27.99	C43	4+476.23	27.99
7	5+395.77	61.11	C52	5+395.77	61.11
8	6+436.09	75.03	C57	6+436.09	75.03

Nota. Elaboración propia.

5.3.5 Comparación de presupuesto en la partida de movimiento de tierras.

En la Tabla 82 se muestra el costo referente al movimiento de tierras en corte y relleno para la geometría de ETP y la propuesta de diseño geométrico. Cabe mencionar que el ETP en estudio no cuenta con precios unitarios para la subpartida de relleno, por ello, para realizar una adecuada comparación, se utilizan los precios unitarios propuestos en otro expediente realizado para zonas aledañas al proyecto evaluado en esta investigación. El expediente técnico de referencia recomienda valores de S/.3.77 por m³, para la subpartida de corte y S/. 4.01 por m³, para la subpartida de relleno (MPC, 2022).

Tabla 82. Comparación de presupuestos de corte y relleno

	Proyecto original			Propuesta de diseño		
	Volumen, m ³	PU, S./ /m ³	Parcial, S/.	Volumen, m ³	PU, S./ /m ³	Parcial, S/.
Corte	280,670.10	3.77	S/ 1,058,126.28	541,831.61	3.77	S/ 1,739,279.47
Relleno	58,420.14	4.01	S/ 234,264.76	600,744.80	4.01	S/ 2,408,986.65
Total			S/ 1,292,391.04			S/ 4,148,266.12

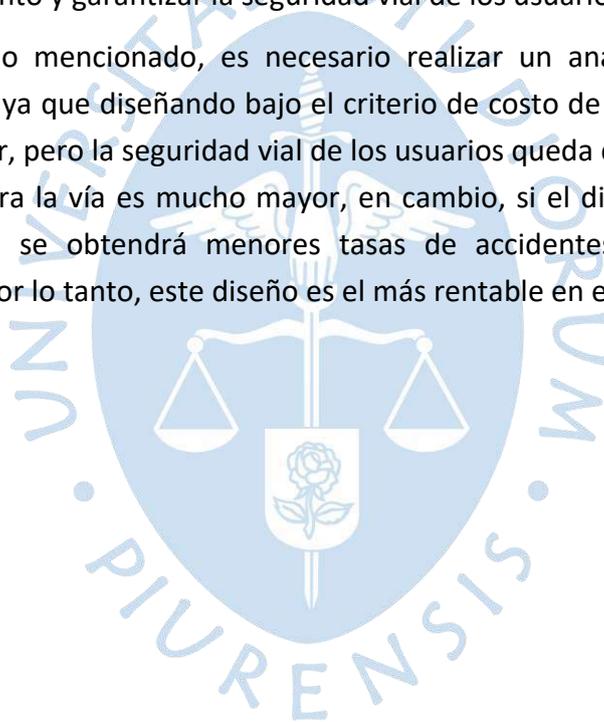
Nota. Elaboración propia.

De la tabla anterior, se observa que el presupuesto presentado por el proyecto original es menor que la nueva propuesta de diseño, debido a la cantidad de movimiento de tierras que este ostenta.

La geometría original presenta pendientes longitudinales que se acoplan al relieve del terreno, formando así pendientes de alrededor del 20%, lo que ocasiona menores movimientos de tierra, pero esto no es recomendable, pues se deja de lado la seguridad vial. Al tener pendientes del 20% la superficie de rodadura, en este caso de afirmado, presenta un deterioro rápido por desmoronamiento, debido a la fuerza de fricción de los vehículos y a la esorrentía del agua pluvial, afectando así la vida útil de la carretera, por otro lado, los vehículos de carga que transitan por esta zona no serán capaces de superar esta pendiente por su peso y por la gran fuerza de tracción que necesitan, además, los mantenimientos rutinarios y periódicos de la carretera serán más costosos.

La nueva propuesta tiene un presupuesto elevado, pues las pendientes longitudinales presentes en el diseño geométrico no superan el 10 %, lo que resulta en más movimiento de tierras, pero también permite preservar la vida útil de la carretera, obteniendo así, bajos costos de mantenimiento y garantizar la seguridad vial de los usuarios.

En virtud de lo mencionado, es necesario realizar un análisis costo beneficio al momento de diseñar, ya que diseñando bajo el criterio de costo de construcción se obtiene un presupuesto menor, pero la seguridad vial de los usuarios queda comprometida y el costo de mantenimiento para la vía es mucho mayor, en cambio, si el diseño está basado en un criterio de seguridad se obtendrá menores tasas de accidentes y mejores costos de mantenimiento vial, por lo tanto, este diseño es el más rentable en el tiempo.



Conclusiones

La propuesta de parámetros geométricos para el diseño geométrico de trochas carrozables o PRTC, fue formulada bajo un enfoque de seguridad activa, es decir, que la geometría produce en el conductor comportamientos que eviten los accidentes. Para ello se recopilaron las recomendaciones de AASHTO, ARRB y MRRD, y de estos se tomó la recomendación más acorde con los antecedentes que relacionan la tasa de accidentes con cada elemento geométrico de una trocha carrozable.

El PRTC fue diseñado para que sea aplicado a cualquier zona en la que se quiera proyectar una trocha carrozable, sin embargo, solo brinda recomendaciones para la definición de los elementos geométricos básicos de una trocha, por ello, casos especiales como las intersecciones, señalizaciones, etc., están fuera del alcance del presente trabajo.

La durabilidad de la vía va muy ligada de la seguridad en las trochas carrozables, porque la capa de rodadura está conformada por un material deleznable, entonces en el PRTC se ha considerado parámetros que sean relativamente perdurables en el tiempo, asegurando así la seguridad de los usuarios en el tiempo.

De la evaluación y propuesta de diseño geométrico al proyecto, se concluye que, en la actualidad al no tenerse parámetros definidos para el diseño geométrico de trochas carrozables en el Manual DG 2018, el principal criterio de diseño es acomodar el trazo en planta y perfil al relieve del terreno, buscando de esta manera reducir el costo de movimiento de tierras, respecto a lo que costaría un diseño bajo criterios de seguridad. Sin embargo, se compromete la seguridad de los usuarios y el costo de mantenimiento, por tal motivo es recomendable que en la fase de diseño se haga un análisis costo – beneficio, para encontrar un equilibrio entre el costo de construcción, el costo de mantenimiento y el costo de la frecuencia de accidentes.

El diseño de carreteras de tercera clase y el de trochas carrozables difieren porque las primeras operan a mayores velocidades y soportan mayores volúmenes de tránsito, lo que conlleva a sobredimensionamientos. Sin embargo, al no tener especificaciones enfocadas a trochas carrozables en la norma vigente, no todos los proyectistas siguen los criterios de las carreteras de tercera clase como lo indican los antecedentes, sino que se dan casos (como el

proyecto evaluado) en los que solo se cumple con los 4 m de calzada mínima exigida por la norma y los demás parámetros son definidos de manera aleatoria según como se encuentra el terreno.

Los criterios del MDCNPBVT fueron prácticamente adoptados por el Manual DG 2018 para el diseño geométrico de carreteras de tercera clase, eliminando únicamente los criterios de diseño para vías con IMDA menor a 50 veh/día.

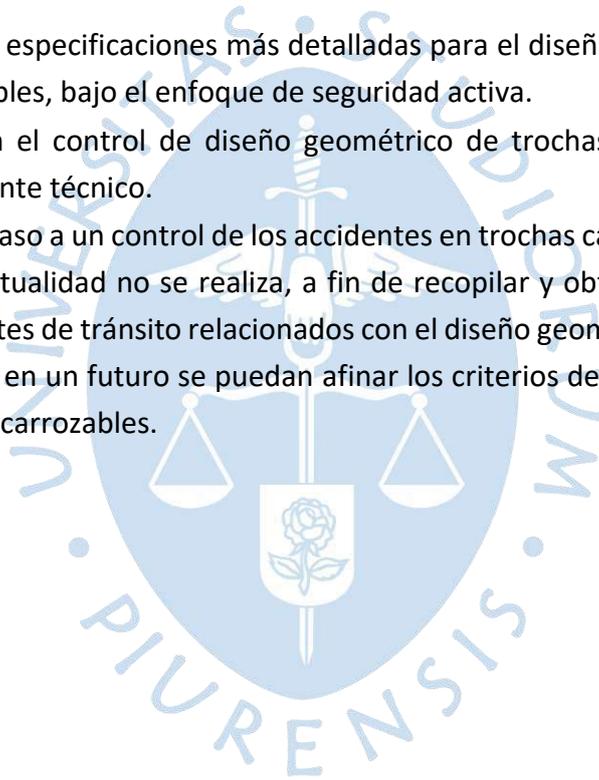
El Manual DG 2018 basa sus criterios de diseño geométrico de carreteras en lo recomendado por AASHTO.



Recomendaciones

Se recomienda al MTC elevar los parámetros recomendados para trochas carrozables (PRTC), como complemento al Manual DG 2018, debido a que estos parámetros:

- Brindan especificaciones más detalladas para el diseño geométrico de trochas carrozables, bajo el enfoque de seguridad activa.
- Amplían el control de diseño geométrico de trochas carrozables a nivel de expediente técnico.
- Abren paso a un control de los accidentes en trochas carrozables, actividad que en la actualidad no se realiza, a fin de recopilar y obtener información sobre accidentes de tránsito relacionados con el diseño geométrico de la vía y de esta manera en un futuro se puedan afinar los criterios de diseño geométrico para trochas carrozables.





Referencias bibliográficas

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2018). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets* (Séptima ed.). Washington DC.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2019). *Guidelines for Geometric Design of Low-Volume Roads* (Segunda ed.). Washington DC.
- Australian Road Research Board. (2020). *Unsealed roads best practice guide*. Port Melbourne: Kieran Sharp.
- Austrroads. (2014). *Improving roadside safety: summary report*. Sydney: Austrroads Ltd.
- Austrroads. (2003). *Rural road design. a guide to the geometric design of rural roads*. Sydney: Austrroads.
- Austrroads. (2016). *Guide to Road Design Part 3: Geometric Design*. Sydney.
- Austrroads. (2021). *Guide to Road Design Part 3: Geometric Design*. Sydney: Austrroads.
- Balbín, A., & Baldeón, D. (2019). *Propuesta De Diseño Geométrico En Perfil Para Caminos De Bajo Volumen De Tránsito De La Provincia De Canta*. (Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma). Repositorio Institucional de la Universidad Ricardo Palma. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2607>.
- Bradshaw, P., & Minchington, J. (2007). *Accident benefits of sealing unsealed roads*. Land Transport New Zealand.
- Chang, G. (2011). *Estudio exploratorio sobre la formulación de proyectos a nivel de perfil de caminos vecinales*. Piura: Universidad de Piura.
- Dart, O., & Mann, L. (1970). *Rural highway geometric relationships to accident rates in Louisiana*. Louisiana State University.
- Fambro, D., Fitzpatrick, K., & Koppa, R. (1997). *NCHRP Report 400: determination of stopping sight distances*. Washington : Transportation Research Board.
- Federal Highway Administration. (1994). *Roadway widths for low-traffic volume roads*. Estados Unidos: U.S. Department of Transportation.

- Fernández, A., & Cuba, D. (2020). *Diseño de la trocha carrozable Casa Blanca para el distrito de Huanchay, provincia de Huaraz y departamento de Ancash*. (Tesis de grado, Universidad Privada de Trujillo). Repositorio Institucional de la Universidad Privada de Trujillo. <http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/495>.
- García, G., & Jacinto, M. (2021). *Propuesta del Diseño Geométrico del Camino Vecinal Pi-119, Trayectoria: Emp.Pe -1nm Surpampa –Oxahuay (Ayabaca), Optimizando Parámetros del Manual Dg 2018, Piura, Perú*. (Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Piura. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3116>.
- Hedman, K. (1990). *Road design and safety*. VTI Rapport 351A, Linköping, Suecia: Swedish Road and Traffic Research Institute.
- Hossain, F. (2016). *Risk factors associated with high potential for crashes on low-volume roads*. (Tesis de maestría, Montana State University). Repositorio Institucional de la Montana State University: <https://scholarworks.montana.edu/xmlui/handle/1/9833>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (17 de octubre de 2022). *Sistema de información geográfica*. Obtenido de Sistema de consulta de centros poblados: <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>
- Kitchell, A., Kuchar, B., & Ríos, R. (2021). *Unpaved road standards for Caribbean and Pacific Islands*. Estados Unidos: NOAA Restoration Center and Coral Reef Conservation Program.
- Miaou, S., Hu, P., Wright, T., Rathi, A., & Davis, S. (1992). *Relationship between truck accidents and highway geometric design: a poisson regression approach*. Estados Unidos: Transportation Research Record.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2017). *Manual de Seguridad Vial*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2013*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015). *Documento técnico - Soluciones básica en carreteras no pavimentadas*. Lima: Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Ministry of Rural Rehabilitation and Development. (2020). *Low Volume Rural Roads Guideline and Standards- Volume 2 - Geometric Design and Road Safety*. Afghanistan.
- Municipalidad Provincial de Cutervo. (2022). *Mejoramiento del camino vecinal en el tramo EMP. PE-3N Adcuñac y Alto Llanduma del distrito de Cutervo, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca*. Cutervo.
- National Asset Centre of Excellence . (2019). *Local Government heavy vehicle route assessment guide*. NACoe. doi:<https://www.nacoe.com.au/guides/#>
- Neuman, T. (1999). *Design guidelines for very low-volume local roads (< 400 ADT)*. Chicago: CH2M Hill.
- North Carolina Forest Service. (2014). *A guide for forest access road construction and maintenance in the Southern Appalachian Mountains*. Carolina del Norte.
- Nyasulu, D. (1989). *Geometric guidelines for developing areas*. Pretoria: Division of Roads and Transport Technology, CSIR.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2021-2030*. Estados Unidos. Obtenido de <https://www.who.int/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>
- Pastor, C. (2013). *Evaluación de canteras para realizar la construcción de una trocha carrozable a nivel de afirmado Campo Alegre - Peña Blanca, distrito de Namora, provincia de Cajamarca*. (Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/462>.
- Provias Nacional. (06 de 09 de 2022). *Mapa interactivo de Provias Nacional*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones: <http://spwgm.proviasnac.gob.pe/webmap>
- Quispe, N., & Poma, D. (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*. (Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma). Repositorio URP. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2612>.
- Road Construction Authority. (1983). *Road design manual for rural and urban roads other than freeways*. Melbourne: RCA.
- Román, W., & Saldaña, A. (2019). *Propuesta De Parámetros De Diseño Geométrico Para Trochas Carrozables En La Norma Dg – 2018 A Fin De Optimizar Costos*. (Tesis de grado,

Universidad Ricardo Palma). Repositorio de la Universidad Ricardo Palma.
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2298>.

Transportation Research Board. (1987). *Relationship between safety and key highway design features*. United States: Washington, D.C.

Zavala, G. (2020). *Soluciones básicas en carreteras de bajo volumen de tráfico y superficies asfálticas delgadas*. [Conferencia]. Instituto latinoamericano de investigación y estudios viales, Lima. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=2bq2vGRMllw&ab_channel=ILIEVLIMA

Zegeer, C., Stewart, R., Council, F., & Neuman, T. (1994). Accident Relationships of Roadway Width on Low-Volume Roads . *Transportation Research Record*, 160-160. doi:https://scholar.google.com.pe/scholar?q=accident+factors+on+unpaved+roads&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart



Apéndices





Apéndice A. Evaluación de la geometría proyectada por el expediente original

Tabla 1. Evaluación del peralte, radio de curvatura horizontal y sobrancho – parte 2

Peralte (n, %), radio (R, m) y sobrancho (w, m)															
Número de curva	Proyecto					PRTC					Manual DG 2018				
	PI	R	Pendiente	n	w	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w	¿Cumple?	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w	¿Cumple?
PI:21	1+062.95	21	21.90%	6.4%	0	11.4%	6%	NO	1.7	NO	6.4%	8%	SI	1.9	NO
PI:22	1+092.03	30	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:23	1+132.41	30	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:24	1+189.46	16	21.90%	12%	0	20.1%	6%	NO	2.1	NO	13.8%	8%	NO	2.4	NO
PI:25	1+239.37	30	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:26	1+298.77	81	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.6	NO	3%	8%	SI	0.6	NO
PI:27	1+343.99	55	21.90%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.8	NO	3%	8%	SI	0.9	NO
PI:28	1+385.38	39	0.17%	2.5%	0	4%	6%	SI	1	NO	3%	8%	SI	1.1	NO
PI:29	1+503.85	40	0.17%	2.5%	0	4%	6%	SI	1	NO	3%	8%	SI	1.1	NO
PI:30	1+537.72	30	0.17%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:31	1+620.85	30	0.17%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:32	1+697.51	30	0.17%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:33	1+749.11	30	0.17%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:34	1+836.24	40	0.17%	2.5%	0	4%	6%	SI	1	NO	3%	8%	SI	1.1	NO
PI:35	1+965.23	30	8.33%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:36	2+041.97	72	8.33%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.7	NO	3%	8%	SI	0.7	NO
PI:37	2+074.41	62	8.33%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.7	NO	3%	8%	SI	0.8	NO
PI:38	2+104.56	30	8.33%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:39	2+152.15	12	8.33%	12%	0	26.7%	6%	NO	2.8	NO	24.0%	8%	NO	3.1	NO
PI:40	2+200.14	30	8.33%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:41	2+312.06	23	8.33%	4.4%	0	6.0%	6%	NO	1.6	NO	4.4%	8%	SI	1.7	NO
PI:42	2+342.15	180	0.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:43	2+475.17	134	0.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0.5	NO
PI:44	2+517.60	30	0.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:45	2+599.48	30	0.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:46	2+618.34	17	0.67%	11.9%	0	12.4%	6%	NO	2	NO	11.9%	8%	NO	2.2	NO
PI:47	2+651.90	55	0.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.8	NO	3%	8%	SI	0.9	NO
PI:48	2+669.81	30	0.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:49	2+740.52	300	0.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:50	2+755.51	30	0.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:51	2+879.89	155	13.91%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:52	2+949.43	30	13.91%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:53	3+020.45	30	13.91%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:54	3+089.22	30	13.91%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:55	3+192.30	132	13.91%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0.5	NO
PI:56	3+244.72	30	13.91%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO

Peralte (n, %), radio (R, m) y sobreebanco (w, m)															
Número de curva	Proyecto					PRTC					Manual DG 2018				
	PI	R	Pendiente	n	w	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w	¿Cumple?	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w	¿Cumple?
PI:57	3+340.05	10	1.77%	12%	0	32.7%	6%	NO	3.3	NO	32.2%	8%	NO	3.7	NO
PI:58	3+353.86	21	1.77%	6.4%	0	6.9%	6%	NO	1.7	NO	6.4%	8%	SI	1.9	NO
PI:59	3+381.89	39	1.77%	2.5%	0	4%	6%	SI	1	NO	3%	8%	SI	1.1	NO
PI:60	3+541.31	51	1.77%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.8	NO	3%	8%	SI	0.9	NO
PI:61	3+640.80	75	1.77%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.6	NO	3%	8%	SI	0.7	NO
PI:62	3+729.80	80	15.64%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.6	NO	3%	8%	SI	0.7	NO
PI:63	3+779.67	150	15.64%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:64	3+822.53	150	15.64%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0	SI
PI:65	3+930.77	67	15.64%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.7	NO	3%	8%	SI	0.7	NO
PI:66	3+973.73	10	15.64%	12%	0	38.9%	6%	NO	3.3	NO	32.2%	8%	NO	3.7	NO
PI:67	3+990.31	10	15.64%	12%	0	38.9%	6%	NO	3.3	NO	32.2%	8%	NO	3.7	NO
PI:68	4+046.95	17	15.64%	11.9%	0	16.1%	6%	NO	2	NO	11.9%	8%	NO	2.2	NO
PI:69	4+061.23	34	15.64%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.1	NO	3%	8%	SI	1.3	NO
PI:70	4+131.93	30	15.64%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:71	4+171.16	30	15.64%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:72	4+202.37	133	5.30%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0.5	NO
PI:73	4+245.18	30	5.30%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:74	4+297.34	11	5.30%	12%	0	29.3%	6%	NO	3	NO	27.7%	8%	NO	3.4	NO
PI:75	4+309.76	61	5.30%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.7	NO	3%	8%	SI	0.8	NO
PI:76	4+354.64	30	25.78%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:77	4+462.60	30	25.78%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:78	4+557.73	30	25.78%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:79	4+605.99	20	11.67%	7.6%	0	10.2%	6%	NO	1.8	NO	7.6%	8%	SI	1.9	NO
PI:80	4+624.33	16	11.67%	12%	0	16.9%	6%	NO	2.1	NO	13.8%	8%	NO	2.4	NO
PI:81	4+642.92	14	11.67%	12%	0	21.7%	6%	NO	2.4	NO	18.2%	8%	NO	2.7	NO
PI:82	4+715.86	50	11.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.9	NO	3%	8%	SI	0.9	NO
PI:83	4+757.15	30	11.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:84	4+813.24	22	11.67%	5.4%	0	7.8%	6%	NO	1.6	NO	5.4%	8%	SI	1.8	NO
PI:85	4+839.59	21	11.67%	6.4%	0	9.0%	6%	NO	1.7	NO	6.4%	8%	SI	1.9	NO
PI:86	4+896.70	30	11.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:87	4+928.04	14	11.67%	12%	0	21.7%	6%	NO	2.4	NO	18.2%	8%	NO	2.7	NO
PI:88	4+967.26	11	11.67%	12%	0	32.1%	6%	NO	3	NO	27.7%	8%	NO	3.4	NO
PI:89	5+110.73	30	11.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:90	5+155.94	68	11.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.7	NO	3%	8%	SI	0.7	NO
PI:91	5+221.96	30	11.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:92	5+239.24	30	11.67%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:93	5+351.34	30	6.00%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:94	5+433.93	30	6.00%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:95	5+470.49	30	6.00%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO

Peralte (n, %), radio (R, m) y sobreebanco (w, m)															
Proyecto						PRTC					Manual DG 2018				
Número de curva	PI	R	Pendiente	n	w	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w	¿Cumple?	n requerido	n máx.	¿Cumple?	w	¿Cumple?
PI:96	5+564.55	26	6.00%	1.9%	0	4%	6%	SI	1.4	NO	1.9%	8%	SI	1.6	NO
PI:97	5+583.27	11	6.00%	12%	0	29.6%	6%	NO	3	NO	27.7%	8%	NO	3.4	NO
PI:98	5+594.12	15	6.00%	12%	0	17.3%	6%	NO	2.3	NO	15.8%	8%	NO	2.5	NO
PI:99	5+691.82	30	6.00%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:100	5+738.94	30	6.00%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:101	5+801.93	30	6.00%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:102	6+197.29	10	1.50%	12%	0	32.7%	6%	NO	3.3	NO	32.2%	8%	NO	3.7	NO
PI:103	6+219.35	133	1.50%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0.5	NO
PI:104	6+466.06	10	1.50%	12%	0	32.7%	6%	NO	3.3	NO	32.2%	8%	NO	3.7	NO
PI:105	6+484.63	90	6.55%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.6	NO	3%	8%	SI	0.6	NO
PI:106	6+751.03	13	6.55%	12%	0	22.7%	6%	NO	2.6	NO	20.9%	8%	NO	2.9	NO
PI:107	6+749.27	40	6.55%	2.5%	0	4%	6%	SI	1	NO	3%	8%	SI	1.1	NO
PI:108	7+033.01	15	21.36%	12%	0	22.3%	6%	NO	2.3	NO	15.8%	8%	NO	2.5	NO
PI:109	7+057.81	138	21.36%	2.5%	0	4%	6%	SI	0	SI	3%	8%	SI	0.5	NO
PI:110	7+143.23	62	21.36%	2.5%	0	4%	6%	SI	0.7	NO	3%	8%	SI	0.8	NO
PI:111	7+212.35	30	21.36%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:112	7+251.56	23	21.36%	4.4%	0	8.8%	6%	NO	1.6	NO	4.4%	8%	SI	1.7	NO
PI:113	7+274.54	26	21.36%	1.9%	0	5.9%	6%	SI	1.4	NO	1.9%	8%	SI	1.6	NO
PI:114	7+388.09	30	21.36%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:115	7+447.01	30	21.36%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	SI	1.4	NO
PI:116	7+472.46	18	21.36%	10.3%	0	15.9%	6%	NO	1.9	NO	10.3%	8%	NO	2.1	NO
PI:117	7+541.01	30	21.36%	2.5%	0	4%	6%	SI	1.3	NO	3%	8%	NO	1.4	NO

Nota. Elaboración propia.

Tabla 2. Evaluación de longitudes de transición de peralte y bombeo – parte 2

Longitud de tramo recto entre curvas (Ltr), m							
Proyecto				PRTC		Manual DG 2018	
Número de curva	PI	R	Ltr	Ltr mín.	¿Cumple?	Ltr mín.	¿Cumple?
PI:21	1+062.95	21	32.32	30	SI	69	NO
PI:22	1+092.03	30	7.52	30	NO	69	NO
PI:23	1+132.41	30	10.83	30	NO	69	NO
PI:24	1+189.46	16	31.64	30	SI	69	NO
PI:25	1+239.37	30	35.79	30	SI	69	NO
PI:26	1+298.77	81	42.61	30	SI	69	NO
PI:27	1+343.99	55	27.27	30	NO	69	NO
PI:28	1+385.38	39	23.74	30	NO	69	NO
PI:29	1+503.85	40	98.1	30	SI	69	SI
PI:30	1+537.72	30	8.32	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:31	1+620.85	30	50.39	30	SI	69	NO
PI:32	1+697.51	30	46.23	30	SI	69	NO
PI:33	1+749.11	30	22	30	NO	69	NO
PI:34	1+836.24	40	33.95	30	SI	69	NO
PI:35	1+965.23	30	90.96	30	SI	69	SI
PI:36	2+041.97	72	52.7	30	SI	69	NO
PI:37	2+074.41	62	12.5	30	NO	69	NO
PI:38	2+104.56	30	8.41	30	NO	69	NO
PI:39	2+152.15	12	17.22	30	NO	69	NO
PI:40	2+200.14	30	32.3	30	SI	69	NO
PI:41	2+312.06	23	59.18	30	SI	69	NO
PI:42	2+342.15	18 0	13.56	30	NO	69	NO
PI:43	2+475.17	13 4	110.6 9	30	SI	69	SI
PI:44	2+517.60	30	16.84	30	NO	69	NO
PI:45	2+599.48	30	58.93	30	SI	69	NO
PI:46	2+618.34	17	0.69	30	NO	69	NO
PI:47	2+651.90	55	17.95	30	NO	69	NO
PI:48	2+669.81	30	2.94	30	NO	69	NO
PI:49	2+740.52	30 0	62.66	30	SI	69	NO
PI:50	2+755.51	30	8	30	NO	69	NO
PI:51	2+879.89	15 5	110.8 9	30	SI	69	SI
PI:52	2+949.43	30	49.31	30	SI	69	NO
PI:53	3+020.45	30	48.63	30	SI	69	NO
PI:54	3+089.22	30	42.71	30	SI	69	NO
PI:55	3+192.30	13 2	73.94	30	SI	69	SI
PI:56	3+244.72	30	17.24	30	NO	69	NO

Longitud de tramo recto entre curvas (Ltr), m							
Proyecto				PRTC		Manual DG 2018	
Número de curva	PI	R	Ltr	Ltr mín.	¿Cumple?	Ltr mín.	¿Cumple?
PI:57	3+340.05	10	74.03	30	SI	69	SI
PI:58	3+353.86	21	1.47	30	NO	69	NO
PI:59	3+381.89	39	12.22	30	NO	69	NO
PI:60	3+541.31	51	142.5 5	30	SI	69	SI
PI:61	3+640.80	75	81.52	30	SI	69	SI
PI:62	3+729.80	80	38.01	30	SI	69	SI, C. compuesta
PI:63	3+779.67	15 0	12.33	30	NO	69	NO
PI:64	3+822.53	15 0	30.5	30	SI	69	SI, C. compuesta
PI:65	3+930.77	67	88.78	30	SI	69	SI
PI:66	3+973.73	10	26.99	30	NO	69	NO
PI:67	3+990.31	10	0.63	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:68	4+046.95	17	43.08	30	SI	69	NO
PI:69	4+061.23	34	1.42	30	NO	69	NO
PI:70	4+131.93	30	50.46	30	SI	69	NO
PI:71	4+171.16	30	12.22	30	NO	69	NO
PI:72	4+202.37	13 3	10.38	30	NO	69	NO
PI:73	4+245.18	30	28.15	30	NO	69	NO
PI:74	4+297.34	11	20.01	30	NO	69	NO
PI:75	4+309.76	61	5.08	30	NO	69	NO
PI:76	4+354.64	30	21.28	30	NO	69	NO
PI:77	4+462.60	30	86.38	30	SI	69	SI
PI:78	4+557.73	30	78.57	30	SI	69	SI
PI:79	4+605.99	20	30.91	30	SI	69	NO
PI:80	4+624.33	16	4.09	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:81	4+642.92	14	2.71	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:82	4+715.86	50	44.17	30	SI	69	NO
PI:83	4+757.15	30	12.34	30	NO	69	NO
PI:84	4+813.24	22	39.37	30	SI	69	NO
PI:85	4+839.59	21	9.49	30	NO	69	NO
PI:86	4+896.70	30	27.97	30	NO	69	NO
PI:87	4+928.04	14	3.69	30	NO	69	NO
PI:88	4+967.26	11	18.47	30	NO	69	NO
PI:89	5+110.73	30	129.9 4	30	SI	69	SI
PI:90	5+155.94	68	28.31	30	NO	69	NO
PI:91	5+221.96	30	50.91	30	SI	69	NO

Longitud de tramo recto entre curvas (Ltr), m							
Proyecto				PRTC		Manual DG 2018	
Número de curva	PI	R	Ltr	Ltr mín.	¿Cumple?	Ltr mín.	¿Cumple?
PI:92	5+239.24	30	0.68	30	NO	69	NO
PI:93	5+351.34	30	98.16	30	SI	69	SI
PI:94	5+433.93	30	66.9	30	SI	69	NO
PI:95	5+470.49	30	12.37	30	NO	69	NO
PI:96	5+564.55	26	67.82	30	SI	69	NO
PI:97	5+583.27	11	3.03	30	NO	69	NO
PI:98	5+594.12	15	0.73	30	NO	69	NO
PI:99	5+691.82	30	80	30	SI	69	SI
PI:100	5+738.94	30	27.19	30	NO	69	NO
PI:101	5+801.93	30	45.91	30	SI	69	NO
PI:102	6+197.29	10	337.56	30	SI	69	SI
PI:103	6+219.35	133	29.89	30	NO	69	NO
PI:104	6+466.06	10	189.47	30	SI	69	SI
PI:105	6+484.63	90	25.05	30	NO	69	NO
PI:106	6+751.03	13	214.32	30	SI	69	SI
PI:107	6+749.27	40	2.59	30	NO	69	NO
PI:108	7+033.01	15	227.85	30	SI	69	SI
PI:109	7+057.81	138	24.41	30	NO	69	NO
PI:110	7+143.23	62	60.84	30	SI	69	NO
PI:111	7+212.35	30	42.37	30	SI	69	NO
PI:112	7+251.56	23	13.73	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:113	7+274.54	26	1.66	30	SI, C. compuesta	69	SI, C. compuesta
PI:114	7+388.09	30	79.79	30	SI	69	SI
PI:115	7+447.01	30	35.35	30	SI	69	NO
PI:116	7+472.46	18	7.93	30	NO	69	NO
PI:117	7+541.01	30	47.13	30	SI	69	NO

Nota. Elaboración propia.

Tabla 3. Verificación de distancias de visibilidad del proyecto original - parte 2

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
0+210.00m	14.36	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+220.00m	10.78	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+230.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+240.00m	50.03	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+250.00m	35.88	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+260.00m	25.73	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+270.00m	16.17	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+280.00m	20.89	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+290.00m	36.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+300.00m	30.90	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+310.00m	20.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+320.00m	11.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+330.00m	52.28	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+340.00m	40.08	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+350.00m	30.97	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+360.00m	24.94	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+370.00m	23.15	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+380.00m	14.43	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+390.00m	66.12	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+400.00m	23.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+410.00m	48.22	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+420.00m	54.76	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+430.00m	48.31	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+440.00m	39.93	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+450.00m	51.33	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+460.00m	40.99	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+470.00m	61.30	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+480.00m	52.20	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+490.00m	13.66	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+500.00m	32.13	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+510.00m	22.07	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+520.00m	12.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+530.00m	41.78	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+540.00m	31.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+550.00m	20.93	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
0+560.00m	10.69	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+570.00m	22.14	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+580.00m	12.14	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+590.00m	10.93	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+600.00m	41.82	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+610.00m	31.82	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+620.00m	21.82	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+630.00m	11.82	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+640.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+650.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+660.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+670.00m	25.78	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+680.00m	11.28	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+690.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+700.00m	50.64	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+710.00m	40.64	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+720.00m	30.64	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+730.00m	20.64	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+740.00m	10.64	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+750.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+760.00m	47.03	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+770.00m	42.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+780.00m	39.33	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+790.00m	22.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+800.00m	14.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+810.00m	51.46	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+820.00m	14.53	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+830.00m	31.46	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+840.00m	21.46	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+850.00m	11.46	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+860.00m	17.31	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+870.00m	21.93	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+880.00m	11.93	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+890.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+900.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+910.00m	19.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+920.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
0+930.00m	48.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+940.00m	38.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
0+950.00m	16.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+960.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+970.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+980.00m	21.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
0+990.00m	11.50	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+000.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+010.00m	14.06	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+020.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+030.00m	42.46	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+040.00m	32.46	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+050.00m	22.46	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+060.00m	12.46	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+070.00m	39.91	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+080.00m	30.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+090.00m	23.66	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+100.00m	13.66	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+110.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+120.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+130.00m	31.74	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+140.00m	21.74	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+150.00m	20.07	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+160.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+170.00m	73.01	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+180.00m	55.45	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+190.00m	44.32	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+200.00m	33.16	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+210.00m	24.47	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+220.00m	16.35	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+230.00m	13.01	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+240.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+250.00m	33.47	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+260.00m	23.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+270.00m	13.70	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+280.00m	15.61	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+290.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
1+300.00m	33.18	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+310.00m	11.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+320.00m	13.31	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+330.00m	32.14	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+340.00m	21.91	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+350.00m	11.73	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+360.00m	21.21	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+370.00m	10.83	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+380.00m	33.43	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+390.00m	22.49	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+400.00m	14.90	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+410.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+420.00m	62.20	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+430.00m	42.70	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+440.00m	42.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+450.00m	33.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+460.00m	25.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+470.00m	23.07	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+480.00m	13.07	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+490.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+500.00m	23.53	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+510.00m	13.53	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+520.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+530.00m	10.64	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+540.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+550.00m	21.21	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+560.00m	17.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+570.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+580.00m	31.62	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+590.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+600.00m	11.62	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+610.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+620.00m	40.80	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+630.00m	30.80	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+640.00m	35.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+650.00m	21.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+660.00m	15.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
1+670.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+680.00m	24.57	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+690.00m	11.34	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+700.00m	13.68	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+710.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+720.00m	20.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+730.00m	10.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+740.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+750.00m	30.77	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+760.00m	20.77	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+770.00m	13.80	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+780.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+790.00m	21.11	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+800.00m	11.11	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+810.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+820.00m	10.47	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+830.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+840.00m	12.47	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+850.00m	20.94	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+860.00m	33.20	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
1+870.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+880.00m	13.10	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+890.00m	18.40	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+900.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+910.00m	23.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+920.00m	13.10	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+930.00m	20.37	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+940.00m	10.37	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+950.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+960.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+970.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+980.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
1+990.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+000.00m	17.40	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+010.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+020.00m	62.95	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+030.00m	52.95	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
2+040.00m	42.95	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+050.00m	32.95	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+060.00m	22.95	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+070.00m	12.95	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+080.00m	35.66	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+090.00m	25.66	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+100.00m	15.66	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+110.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+120.00m	10.79	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+130.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+140.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+150.00m	11.59	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+160.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+170.00m	13.46	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+180.00m	21.99	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+190.00m	11.99	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+200.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+210.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+220.00m	14.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+230.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+240.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+250.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+260.00m	30.42	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+270.00m	20.29	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+280.00m	10.35	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+290.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+300.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+310.00m	30.52	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+320.00m	20.52	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+330.00m	10.52	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+340.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+350.00m	21.21	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+360.00m	11.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+370.00m	44.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+380.00m	34.20	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+390.00m	24.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+400.00m	13.70	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
2+410.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+420.00m	40.51	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+430.00m	30.51	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+440.00m	20.51	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+450.00m	10.51	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+460.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+470.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+480.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+490.00m	10.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+500.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+510.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+520.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+530.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+540.00m	12.30	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+550.00m	21.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+560.00m	13.70	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+570.00m	10.64	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+580.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+590.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+600.00m	20.97	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+610.00m	10.97	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+620.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+630.00m	20.58	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+640.00m	10.58	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+650.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+660.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+670.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+680.00m	13.30	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+690.00m	19.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+700.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+710.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+720.00m	14.27	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+730.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+740.00m	10.67	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+750.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+760.00m	12.75	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+770.00m	17.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
2+780.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+790.00m	14.70	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+800.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+810.00m	48.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+820.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+830.00m	28.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+840.00m	17.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+850.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+860.00m	22.39	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+870.00m	13.42	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+880.00m	30.71	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+890.00m	23.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+900.00m	13.30	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+910.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+920.00m	46.85	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+930.00m	37.78	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+940.00m	53.16	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+950.00m	44.22	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+960.00m	34.12	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
2+970.00m	21.70	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+980.00m	13.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
2+990.00m	32.54	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+000.00m	22.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+010.00m	11.35	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+020.00m	20.46	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+030.00m	20.22	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+040.00m	12.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+050.00m	19.40	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+060.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+070.00m	20.26	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+080.00m	10.26	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+090.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+100.00m	62.68	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+110.00m	54.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+120.00m	44.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+130.00m	34.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+140.00m	24.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
3+150.00m	14.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+160.00m	13.17	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+170.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+180.00m	11.13	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+190.00m	22.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+200.00m	11.33	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+210.00m	43.31	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+220.00m	31.88	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+230.00m	21.89	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+240.00m	13.31	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+250.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+260.00m	50.70	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+270.00m	40.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+280.00m	17.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+290.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+300.00m	10.30	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+310.00m	41.01	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+320.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+330.00m	21.01	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+340.00m	11.01	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+350.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+360.00m	32.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+370.00m	21.76	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+380.00m	12.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+390.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+400.00m	25.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+410.00m	17.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+420.00m	31.80	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+430.00m	15.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+440.00m	11.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+450.00m	23.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+460.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+470.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+480.00m	13.70	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+490.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+500.00m	10.10	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+510.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
3+520.00m	10.67	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+530.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+540.00m	15.57	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+550.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+560.00m	17.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+570.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+580.00m	11.30	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+590.00m	21.40	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+600.00m	11.10	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+610.00m	20.31	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+620.00m	10.28	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+630.00m	30.35	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+640.00m	20.35	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+650.00m	10.35	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+660.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+670.00m	42.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+680.00m	32.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+690.00m	22.57	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+700.00m	12.57	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+710.00m	37.02	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+720.00m	23.77	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+730.00m	13.78	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+740.00m	42.26	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+750.00m	32.26	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+760.00m	22.26	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+770.00m	12.26	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+780.00m	13.23	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+790.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+800.00m	23.05	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+810.00m	13.02	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+820.00m	31.56	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
3+830.00m	21.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+840.00m	11.30	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+850.00m	22.10	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+860.00m	10.20	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+870.00m	24.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+880.00m	13.80	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
3+890.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+900.00m	19.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+910.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+920.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+930.00m	13.05	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+940.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+950.00m	13.46	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+960.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+970.00m	14.82	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+980.00m	17.70	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
3+990.00m	10.21	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+000.00m	22.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+010.00m	11.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+020.00m	22.32	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+030.00m	12.32	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+040.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+050.00m	11.10	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+060.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+070.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+080.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+090.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+100.00m	62.77	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+110.00m	25.87	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+120.00m	15.18	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+130.00m	16.26	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+140.00m	22.77	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+150.00m	12.77	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+160.00m	16.64	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+170.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+180.00m	26.24	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+190.00m	17.16	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+200.00m	31.43	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+210.00m	21.43	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+220.00m	11.43	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+230.00m	13.32	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+240.00m	12.84	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+250.00m	44.43	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
4+260.00m	40.28	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+270.00m	31.44	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+280.00m	22.13	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+290.00m	12.46	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+300.00m	63.48	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+310.00m	51.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+320.00m	41.28	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+330.00m	31.22	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+340.00m	21.96	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+350.00m	11.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+360.00m	85.81	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+370.00m	76.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+380.00m	57.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+390.00m	44.70	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+400.00m	33.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+410.00m	22.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+420.00m	12.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+430.00m	19.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+440.00m	30.17	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+450.00m	21.05	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+460.00m	11.65	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+470.00m	26.48	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+480.00m	11.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+490.00m	25.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+500.00m	11.90	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+510.00m	17.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+520.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+530.00m	22.56	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+540.00m	11.01	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+550.00m	22.08	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+560.00m	11.07	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+570.00m	21.88	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+580.00m	11.88	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+590.00m	25.59	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+600.00m	52.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+610.00m	42.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+620.00m	32.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
4+630.00m	22.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+640.00m	12.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+650.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+660.00m	27.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+670.00m	17.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+680.00m	14.25	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+690.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+700.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+710.00m	27.97	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+720.00m	17.97	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+730.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+740.00m	44.09	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+750.00m	17.17	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+760.00m	29.94	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+770.00m	17.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+780.00m	21.29	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+790.00m	11.22	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+800.00m	90.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+810.00m	48.87	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+820.00m	51.95	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+830.00m	42.42	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+840.00m	30.70	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+850.00m	22.92	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+860.00m	30.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+870.00m	20.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+880.00m	10.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+890.00m	23.43	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+900.00m	14.10	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+910.00m	32.09	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+920.00m	22.09	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+930.00m	12.09	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+940.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+950.00m	11.75	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+960.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
4+970.00m	35.36	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+980.00m	42.90	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
4+990.00m	26.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
5+000.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+010.00m	13.10	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+020.00m	61.60	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+030.00m	37.90	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+040.00m	21.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+050.00m	13.20	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+060.00m	20.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+070.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+080.00m	18.10	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+090.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+100.00m	12.62	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+110.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+120.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+130.00m	20.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+140.00m	10.90	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+150.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+160.00m	10.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+170.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+180.00m	12.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+190.00m	13.30	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+200.00m	13.81	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+210.00m	10.87	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+220.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+230.00m	36.67	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+240.00m	26.67	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+250.00m	20.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+260.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+270.00m	29.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+280.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+290.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+300.00m	65.37	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+310.00m	55.37	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+320.00m	45.37	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+330.00m	35.37	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+340.00m	25.37	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+350.00m	15.37	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+360.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
5+370.00m	30.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+380.00m	19.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+390.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+400.00m	15.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+410.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+420.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+430.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+440.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+450.00m	10.22	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+460.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+470.00m	10.62	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+480.00m	11.72	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+490.00m	11.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+500.00m	17.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+510.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+520.00m	43.73	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+530.00m	33.73	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+540.00m	23.73	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+550.00m	13.73	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+560.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+570.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+580.00m	101.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+590.00m	71.35	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+600.00m	60.80	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+610.00m	50.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+620.00m	39.80	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+630.00m	29.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+640.00m	19.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+650.00m	31.41	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+660.00m	21.41	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+670.00m	11.41	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+680.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+690.00m	35.92	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+700.00m	25.92	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+710.00m	15.92	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+720.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+730.00m	31.35	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
5+740.00m	21.10	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+750.00m	12.20	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+760.00m	35.97	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+770.00m	25.97	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+780.00m	15.97	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+790.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+800.00m	13.80	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+810.00m	24.40	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+820.00m	14.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+830.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+840.00m	33.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+850.00m	23.40	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+860.00m	19.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+870.00m	54.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+880.00m	44.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+890.00m	34.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+900.00m	24.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+910.00m	14.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+920.00m	15.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+930.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+940.00m	65.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+950.00m	35.80	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+960.00m	44.70	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+970.00m	35.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
5+980.00m	25.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
5+990.00m	15.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+000.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+010.00m	38.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+020.00m	28.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+030.00m	17.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+040.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+050.00m	54.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+060.00m	43.30	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+070.00m	32.90	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+080.00m	18.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+090.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+100.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
6+110.00m	30.86	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+120.00m	20.86	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+130.00m	10.86	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+140.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+150.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+160.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+170.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+180.00m	18.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+190.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+200.00m	18.29	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+210.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+220.00m	22.00	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+230.00m	12.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+240.00m	13.50	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+250.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+260.00m	16.10	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+270.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+280.00m	40.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+290.00m	29.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+300.00m	19.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+310.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+320.00m	16.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+330.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+340.00m	14.60	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+350.00m	15.20	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+360.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+370.00m	24.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+380.00m	15.40	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+390.00m	12.20	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+400.00m	65.25	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+410.00m	72.53	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+420.00m	62.53	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+430.00m	52.53	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+440.00m	42.53	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+450.00m	32.53	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+460.00m	22.53	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+470.00m	12.53	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
6+480.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+490.00m	42.94	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+500.00m	35.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+510.00m	25.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+520.00m	15.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+530.00m	33.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+540.00m	22.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+550.00m	12.90	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+560.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+570.00m	38.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+580.00m	28.40	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+590.00m	18.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+600.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+610.00m	54.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+620.00m	43.90	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+630.00m	33.80	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+640.00m	23.70	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+650.00m	13.30	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+660.00m	43.73	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+670.00m	33.73	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+680.00m	23.73	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+690.00m	13.73	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+700.00m	11.76	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+710.00m	11.78	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+720.00m	73.31	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+730.00m	62.36	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+740.00m	50.53	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+750.00m	42.33	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+760.00m	32.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+770.00m	22.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+780.00m	12.80	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+790.00m	142.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	SI	150	NO
6+800.00m	131.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	SI	150	NO
6+810.00m	39.40	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+820.00m	29.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+830.00m	19.60	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+840.00m	91.20	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
6+850.00m	81.10	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+860.00m	34.50	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+870.00m	24.10	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+880.00m	13.20	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+890.00m	41.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+900.00m	30.70	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
6+910.00m	20.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+920.00m	11.20	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+930.00m	20.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+940.00m	29.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+950.00m	19.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+960.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+970.00m	26.04	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+980.00m	16.04	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
6+990.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+000.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+010.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+020.00m	13.88	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+030.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+040.00m	16.27	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+050.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+060.00m	11.96	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+070.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+080.00m	47.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+090.00m	18.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+100.00m	27.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+110.00m	17.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+120.00m	10.92	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+130.00m	24.84	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+140.00m	14.84	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+150.00m	43.56	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+160.00m	33.56	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+170.00m	23.56	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+180.00m	13.56	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+190.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+200.00m	13.78	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+210.00m	12.75	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
7+220.00m	30.94	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+230.00m	20.94	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+240.00m	10.94	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+250.00m	62.68	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+260.00m	39.42	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+270.00m	26.57	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+280.00m	13.95	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+290.00m	16.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+300.00m	18.80	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+310.00m	22.90	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+320.00m	12.90	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+330.00m	93.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+340.00m	83.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+350.00m	73.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+360.00m	63.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+370.00m	53.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+380.00m	43.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+390.00m	33.57	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+400.00m	23.57	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+410.00m	17.50	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+420.00m	62.64	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+430.00m	52.55	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+440.00m	42.34	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+450.00m	32.42	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+460.00m	21.88	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+470.00m	12.28	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+480.00m	42.70	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+490.00m	32.72	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+500.00m	23.41	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+510.00m	32.28	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+520.00m	31.56	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+530.00m	21.56	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+540.00m	11.56	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+550.00m	10.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+560.00m	11.00	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+570.00m	42.00	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO
7+580.00m	31.30	15	SI	30	SI	30	SI	115	NO	150	NO

Proyecto		Distancia visual de parada, m				Distancia visual de encuentro, m		Distancia visual de adelantamiento, m			
		PRTC		Manual DG 2018		PRTC		PRTC		Manual DG 2018	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
7+590.00m	21.30	15	SI	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO
7+600.00m	11.40	15	NO	30	NO	30	NO	115	NO	150	NO

Nota. Elaboración propia.



Apéndice B. Evaluación de la geometría recomendada

Tabla 4. Verificación de distancias de visibilidad en geometría recomendada – parte 2

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
0+210.00m	30.85	15	SI	30	SI
0+220.00m	30.95	15	SI	30	SI
0+230.00m	43.82	15	SI	30	SI
0+240.00m	147.00	15	SI	30	SI
0+250.00m	135.98	15	SI	30	SI
0+260.00m	126.44	15	SI	30	SI
0+270.00m	117.04	15	SI	30	SI
0+280.00m	107.48	15	SI	30	SI
0+290.00m	97.74	15	SI	30	SI
0+300.00m	87.97	15	SI	30	SI
0+310.00m	78.28	15	SI	30	SI
0+320.00m	68.72	15	SI	30	SI
0+330.00m	59.43	15	SI	30	SI
0+340.00m	50.45	15	SI	30	SI
0+350.00m	42.23	15	SI	30	SI
0+360.00m	35.98	15	SI	30	SI
0+370.00m	47.07	15	SI	30	SI
0+380.00m	94.93	15	SI	30	SI
0+390.00m	88.11	15	SI	30	SI
0+400.00m	78.43	15	SI	30	SI
0+410.00m	68.89	15	SI	30	SI
0+420.00m	59.62	15	SI	30	SI
0+430.00m	50.72	15	SI	30	SI
0+440.00m	42.85	15	SI	30	SI
0+450.00m	38.10	15	SI	30	SI
0+460.00m	75.55	15	SI	30	SI
0+470.00m	79.47	15	SI	30	SI
0+480.00m	72.88	15	SI	30	SI
0+490.00m	67.48	15	SI	30	SI
0+500.00m	68.21	15	SI	30	SI
0+510.00m	58.89	15	SI	30	SI
0+520.00m	50.08	15	SI	30	SI
0+530.00m	41.77	15	SI	30	SI
0+540.00m	35.15	15	SI	30	SI
0+550.00m	30.99	15	SI	30	SI
0+560.00m	30.00	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
0+570.00m	33.88	15	SI	30	SI
0+580.00m	97.92	15	SI	30	SI
0+590.00m	87.30	15	SI	30	SI
0+600.00m	77.56	15	SI	30	SI
0+610.00m	67.94	15	SI	30	SI
0+620.00m	58.53	15	SI	30	SI
0+630.00m	49.57	15	SI	30	SI
0+640.00m	40.86	15	SI	30	SI
0+650.00m	32.77	15	SI	30	SI
0+660.00m	30.88	15	SI	30	SI
0+670.00m	30.08	15	SI	30	SI
0+680.00m	30.42	15	SI	30	SI
0+690.00m	30.84	15	SI	30	SI
0+700.00m	30.78	15	SI	30	SI
0+710.00m	30.23	15	SI	30	SI
0+720.00m	69.38	15	SI	30	SI
0+730.00m	57.82	15	SI	30	SI
0+740.00m	48.40	15	SI	30	SI
0+750.00m	40.04	15	SI	30	SI
0+760.00m	32.37	15	SI	30	SI
0+770.00m	30.76	15	SI	30	SI
0+780.00m	30.90	15	SI	30	SI
0+790.00m	31.28	15	SI	30	SI
0+800.00m	41.13	15	SI	30	SI
0+810.00m	35.29	15	SI	30	SI
0+820.00m	31.16	15	SI	30	SI
0+830.00m	94.32	15	SI	30	SI
0+840.00m	83.13	15	SI	30	SI
0+850.00m	73.27	15	SI	30	SI
0+860.00m	63.66	15	SI	30	SI
0+870.00m	54.31	15	SI	30	SI
0+880.00m	45.53	15	SI	30	SI
0+890.00m	37.53	15	SI	30	SI
0+900.00m	32.17	15	SI	30	SI
0+910.00m	31.52	15	SI	30	SI
0+920.00m	31.94	15	SI	30	SI
0+930.00m	37.22	15	SI	30	SI
0+940.00m	66.77	15	SI	30	SI
0+950.00m	60.39	15	SI	30	SI
0+960.00m	50.93	15	SI	30	SI
0+970.00m	41.94	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
0+980.00m	33.69	15	SI	30	SI
0+990.00m	30.81	15	SI	30	SI
1+000.00m	30.82	15	SI	30	SI
1+010.00m	31.51	15	SI	30	SI
1+020.00m	30.19	15	SI	30	SI
1+030.00m	30.33	15	SI	30	SI
1+040.00m	30.98	15	SI	30	SI
1+050.00m	33.95	15	SI	30	SI
1+060.00m	65.94	15	SI	30	SI
1+070.00m	55.28	15	SI	30	SI
1+080.00m	46.21	15	SI	30	SI
1+090.00m	38.02	15	SI	30	SI
1+100.00m	31.44	15	SI	30	SI
1+110.00m	30.87	15	SI	30	SI
1+120.00m	30.14	15	SI	30	SI
1+130.00m	31.52	15	SI	30	SI
1+140.00m	70.43	15	SI	30	SI
1+150.00m	59.17	15	SI	30	SI
1+160.00m	50.07	15	SI	30	SI
1+170.00m	41.13	15	SI	30	SI
1+180.00m	32.98	15	SI	30	SI
1+190.00m	30.76	15	SI	30	SI
1+200.00m	30.92	15	SI	30	SI
1+210.00m	91.02	15	SI	30	SI
1+220.00m	80.04	15	SI	30	SI
1+230.00m	70.09	15	SI	30	SI
1+240.00m	60.41	15	SI	30	SI
1+250.00m	50.93	15	SI	30	SI
1+260.00m	41.94	15	SI	30	SI
1+270.00m	33.68	15	SI	30	SI
1+280.00m	30.78	15	SI	30	SI
1+290.00m	30.77	15	SI	30	SI
1+300.00m	30.45	15	SI	30	SI
1+310.00m	30.67	15	SI	30	SI
1+320.00m	30.77	15	SI	30	SI
1+330.00m	30.83	15	SI	30	SI
1+340.00m	30.11	15	SI	30	SI
1+350.00m	31.18	15	SI	30	SI
1+360.00m	66.44	15	SI	30	SI
1+370.00m	54.74	15	SI	30	SI
1+380.00m	45.37	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
1+390.00m	37.12	15	SI	30	SI
1+400.00m	31.17	15	SI	30	SI
1+410.00m	30.51	15	SI	30	SI
1+420.00m	30.20	15	SI	30	SI
1+430.00m	31.30	15	SI	30	SI
1+440.00m	35.23	15	SI	30	SI
1+450.00m	84.12	15	SI	30	SI
1+460.00m	76.13	15	SI	30	SI
1+470.00m	69.81	15	SI	30	SI
1+480.00m	68.92	15	SI	30	SI
1+490.00m	91.17	15	SI	30	SI
1+500.00m	76.80	15	SI	30	SI
1+510.00m	67.01	15	SI	30	SI
1+520.00m	58.83	15	SI	30	SI
1+530.00m	51.72	15	SI	30	SI
1+540.00m	49.18	15	SI	30	SI
1+550.00m	86.99	15	SI	30	SI
1+560.00m	165.12	15	SI	30	SI
1+570.00m	148.90	15	SI	30	SI
1+580.00m	140.15	15	SI	30	SI
1+590.00m	133.04	15	SI	30	SI
1+600.00m	127.36	15	SI	30	SI
1+610.00m	124.49	15	SI	30	SI
1+620.00m	128.55	15	SI	30	SI
1+630.00m	149.91	15	SI	30	SI
1+640.00m	157.31	15	SI	30	SI
1+650.00m	173.07	15	SI	30	SI
1+660.00m	450.60	15	SI	30	SI
1+670.00m	1000.00	15	SI	30	SI
1+680.00m	1000.00	15	SI	30	SI
1+690.00m	1000.00	15	SI	30	SI
1+700.00m	1000.00	15	SI	30	SI
1+710.00m	1000.00	15	SI	30	SI
1+720.00m	1000.00	15	SI	30	SI
1+730.00m	1000.00	15	SI	30	SI
1+740.00m	997.66	15	SI	30	SI
1+750.00m	987.83	15	SI	30	SI
1+760.00m	768.59	15	SI	30	SI
1+770.00m	754.55	15	SI	30	SI
1+780.00m	740.96	15	SI	30	SI
1+790.00m	729.67	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
1+800.00m	719.70	15	SI	30	SI
1+810.00m	710.92	15	SI	30	SI
1+820.00m	703.12	15	SI	30	SI
1+830.00m	695.55	15	SI	30	SI
1+840.00m	688.23	15	SI	30	SI
1+850.00m	685.68	15	SI	30	SI
1+860.00m	879.02	15	SI	30	SI
1+870.00m	869.12	15	SI	30	SI
1+880.00m	859.30	15	SI	30	SI
1+890.00m	849.57	15	SI	30	SI
1+900.00m	629.84	15	SI	30	SI
1+910.00m	617.45	15	SI	30	SI
1+920.00m	604.81	15	SI	30	SI
1+930.00m	591.86	15	SI	30	SI
1+940.00m	579.22	15	SI	30	SI
1+950.00m	571.98	15	SI	30	SI
1+960.00m	561.25	15	SI	30	SI
1+970.00m	550.56	15	SI	30	SI
1+980.00m	539.97	15	SI	30	SI
1+990.00m	529.68	15	SI	30	SI
2+000.00m	519.32	15	SI	30	SI
2+010.00m	508.84	15	SI	30	SI
2+020.00m	498.18	15	SI	30	SI
2+030.00m	487.20	15	SI	30	SI
2+040.00m	477.29	15	SI	30	SI
2+050.00m	700.73	15	SI	30	SI
2+060.00m	691.83	15	SI	30	SI
2+070.00m	681.34	15	SI	30	SI
2+080.00m	669.52	15	SI	30	SI
2+090.00m	657.55	15	SI	30	SI
2+100.00m	645.76	15	SI	30	SI
2+110.00m	634.26	15	SI	30	SI
2+120.00m	622.99	15	SI	30	SI
2+130.00m	611.90	15	SI	30	SI
2+140.00m	600.95	15	SI	30	SI
2+150.00m	590.12	15	SI	30	SI
2+160.00m	579.38	15	SI	30	SI
2+170.00m	568.72	15	SI	30	SI
2+180.00m	558.14	15	SI	30	SI
2+190.00m	227.65	15	SI	30	SI
2+200.00m	216.32	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
2+210.00m	206.73	15	SI	30	SI
2+220.00m	197.98	15	SI	30	SI
2+230.00m	189.60	15	SI	30	SI
2+240.00m	181.63	15	SI	30	SI
2+250.00m	176.13	15	SI	30	SI
2+260.00m	476.78	15	SI	30	SI
2+270.00m	466.79	15	SI	30	SI
2+280.00m	456.72	15	SI	30	SI
2+290.00m	446.58	15	SI	30	SI
2+300.00m	436.37	15	SI	30	SI
2+310.00m	426.10	15	SI	30	SI
2+320.00m	415.79	15	SI	30	SI
2+330.00m	405.48	15	SI	30	SI
2+340.00m	395.18	15	SI	30	SI
2+350.00m	384.91	15	SI	30	SI
2+360.00m	238.27	15	SI	30	SI
2+370.00m	212.43	15	SI	30	SI
2+380.00m	194.41	15	SI	30	SI
2+390.00m	180.75	15	SI	30	SI
2+400.00m	334.29	15	SI	30	SI
2+410.00m	324.46	15	SI	30	SI
2+420.00m	314.71	15	SI	30	SI
2+430.00m	305.02	15	SI	30	SI
2+440.00m	295.39	15	SI	30	SI
2+450.00m	285.83	15	SI	30	SI
2+460.00m	276.38	15	SI	30	SI
2+470.00m	267.06	15	SI	30	SI
2+480.00m	257.88	15	SI	30	SI
2+490.00m	248.90	15	SI	30	SI
2+500.00m	240.26	15	SI	30	SI
2+510.00m	232.19	15	SI	30	SI
2+520.00m	225.26	15	SI	30	SI
2+530.00m	222.64	15	SI	30	SI
2+540.00m	233.04	15	SI	30	SI
2+550.00m	221.73	15	SI	30	SI
2+560.00m	210.21	15	SI	30	SI
2+570.00m	199.75	15	SI	30	SI
2+580.00m	189.93	15	SI	30	SI
2+590.00m	180.04	15	SI	30	SI
2+600.00m	170.13	15	SI	30	SI
2+610.00m	160.24	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
2+620.00m	150.36	15	SI	30	SI
2+630.00m	140.52	15	SI	30	SI
2+640.00m	130.70	15	SI	30	SI
2+650.00m	120.93	15	SI	30	SI
2+660.00m	111.23	15	SI	30	SI
2+670.00m	101.63	15	SI	30	SI
2+680.00m	92.19	15	SI	30	SI
2+690.00m	82.51	15	SI	30	SI
2+700.00m	72.77	15	SI	30	SI
2+710.00m	63.17	15	SI	30	SI
2+720.00m	53.80	15	SI	30	SI
2+730.00m	44.93	15	SI	30	SI
2+740.00m	37.33	15	SI	30	SI
2+750.00m	33.70	15	SI	30	SI
2+760.00m	93.77	15	SI	30	SI
2+770.00m	78.29	15	SI	30	SI
2+780.00m	68.28	15	SI	30	SI
2+790.00m	60.81	15	SI	30	SI
2+800.00m	56.67	15	SI	30	SI
2+810.00m	104.62	15	SI	30	SI
2+820.00m	93.09	15	SI	30	SI
2+830.00m	81.91	15	SI	30	SI
2+840.00m	73.07	15	SI	30	SI
2+850.00m	65.53	15	SI	30	SI
2+860.00m	61.13	15	SI	30	SI
2+870.00m	72.96	15	SI	30	SI
2+880.00m	79.65	15	SI	30	SI
2+890.00m	72.51	15	SI	30	SI
2+900.00m	63.59	15	SI	30	SI
2+910.00m	55.39	15	SI	30	SI
2+920.00m	48.52	15	SI	30	SI
2+930.00m	46.33	15	SI	30	SI
2+940.00m	149.88	15	SI	30	SI
2+950.00m	247.72	15	SI	30	SI
2+960.00m	238.64	15	SI	30	SI
2+970.00m	228.77	15	SI	30	SI
2+980.00m	218.90	15	SI	30	SI
2+990.00m	209.05	15	SI	30	SI
3+000.00m	199.22	15	SI	30	SI
3+010.00m	189.41	15	SI	30	SI
3+020.00m	179.64	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
3+030.00m	169.91	15	SI	30	SI
3+040.00m	160.11	15	SI	30	SI
3+050.00m	150.31	15	SI	30	SI
3+060.00m	140.55	15	SI	30	SI
3+070.00m	130.84	15	SI	30	SI
3+080.00m	121.23	15	SI	30	SI
3+090.00m	111.73	15	SI	30	SI
3+100.00m	102.38	15	SI	30	SI
3+110.00m	93.36	15	SI	30	SI
3+120.00m	84.96	15	SI	30	SI
3+130.00m	78.12	15	SI	30	SI
3+140.00m	76.03	15	SI	30	SI
3+150.00m	85.88	15	SI	30	SI
3+160.00m	77.07	15	SI	30	SI
3+170.00m	69.31	15	SI	30	SI
3+180.00m	65.15	15	SI	30	SI
3+190.00m	81.91	15	SI	30	SI
3+200.00m	70.65	15	SI	30	SI
3+210.00m	60.68	15	SI	30	SI
3+220.00m	51.36	15	SI	30	SI
3+230.00m	42.72	15	SI	30	SI
3+240.00m	35.48	15	SI	30	SI
3+250.00m	34.86	15	SI	30	SI
3+260.00m	73.96	15	SI	30	SI
3+270.00m	74.38	15	SI	30	SI
3+280.00m	72.73	15	SI	30	SI
3+290.00m	108.34	15	SI	30	SI
3+300.00m	357.03	15	SI	30	SI
3+310.00m	344.31	15	SI	30	SI
3+320.00m	331.19	15	SI	30	SI
3+330.00m	318.69	15	SI	30	SI
3+340.00m	307.66	15	SI	30	SI
3+350.00m	297.26	15	SI	30	SI
3+360.00m	287.06	15	SI	30	SI
3+370.00m	276.85	15	SI	30	SI
3+380.00m	267.11	15	SI	30	SI
3+390.00m	257.67	15	SI	30	SI
3+400.00m	248.34	15	SI	30	SI
3+410.00m	239.15	15	SI	30	SI
3+420.00m	230.14	15	SI	30	SI
3+430.00m	221.12	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
3+440.00m	211.75	15	SI	30	SI
3+450.00m	202.02	15	SI	30	SI
3+460.00m	192.36	15	SI	30	SI
3+470.00m	184.31	15	SI	30	SI
3+480.00m	319.18	15	SI	30	SI
3+490.00m	309.44	15	SI	30	SI
3+500.00m	299.84	15	SI	30	SI
3+510.00m	290.30	15	SI	30	SI
3+520.00m	280.76	15	SI	30	SI
3+530.00m	271.17	15	SI	30	SI
3+540.00m	261.60	15	SI	30	SI
3+550.00m	251.98	15	SI	30	SI
3+560.00m	242.36	15	SI	30	SI
3+570.00m	232.76	15	SI	30	SI
3+580.00m	223.34	15	SI	30	SI
3+590.00m	214.18	15	SI	30	SI
3+600.00m	205.24	15	SI	30	SI
3+610.00m	196.45	15	SI	30	SI
3+620.00m	182.86	15	SI	30	SI
3+630.00m	175.42	15	SI	30	SI
3+640.00m	165.75	15	SI	30	SI
3+650.00m	156.13	15	SI	30	SI
3+660.00m	146.60	15	SI	30	SI
3+670.00m	138.56	15	SI	30	SI
3+680.00m	128.71	15	SI	30	SI
3+690.00m	118.90	15	SI	30	SI
3+700.00m	109.13	15	SI	30	SI
3+710.00m	99.42	15	SI	30	SI
3+720.00m	89.81	15	SI	30	SI
3+730.00m	80.35	15	SI	30	SI
3+740.00m	71.13	15	SI	30	SI
3+750.00m	62.41	15	SI	30	SI
3+760.00m	54.85	15	SI	30	SI
3+770.00m	51.38	15	SI	30	SI
3+780.00m	111.78	15	SI	30	SI
3+790.00m	100.08	15	SI	30	SI
3+800.00m	89.07	15	SI	30	SI
3+810.00m	79.82	15	SI	30	SI
3+820.00m	70.57	15	SI	30	SI
3+830.00m	61.69	15	SI	30	SI
3+840.00m	53.80	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
3+850.00m	47.60	15	SI	30	SI
3+860.00m	43.90	15	SI	30	SI
3+870.00m	44.58	15	SI	30	SI
3+880.00m	43.51	15	SI	30	SI
3+890.00m	43.81	15	SI	30	SI
3+900.00m	49.52	15	SI	30	SI
3+910.00m	110.46	15	SI	30	SI
3+920.00m	107.62	15	SI	30	SI
3+930.00m	99.34	15	SI	30	SI
3+940.00m	90.10	15	SI	30	SI
3+950.00m	80.67	15	SI	30	SI
3+960.00m	71.48	15	SI	30	SI
3+970.00m	62.82	15	SI	30	SI
3+980.00m	55.21	15	SI	30	SI
3+990.00m	50.02	15	SI	30	SI
4+000.00m	47.90	15	SI	30	SI
4+010.00m	62.68	15	SI	30	SI
4+020.00m	153.56	15	SI	30	SI
4+030.00m	140.81	15	SI	30	SI
4+040.00m	130.31	15	SI	30	SI
4+050.00m	121.02	15	SI	30	SI
4+060.00m	111.97	15	SI	30	SI
4+070.00m	103.23	15	SI	30	SI
4+080.00m	95.04	15	SI	30	SI
4+090.00m	87.98	15	SI	30	SI
4+100.00m	83.53	15	SI	30	SI
4+110.00m	88.08	15	SI	30	SI
4+120.00m	177.76	15	SI	30	SI
4+130.00m	174.74	15	SI	30	SI
4+140.00m	164.90	15	SI	30	SI
4+150.00m	155.05	15	SI	30	SI
4+160.00m	145.21	15	SI	30	SI
4+170.00m	135.35	15	SI	30	SI
4+180.00m	125.43	15	SI	30	SI
4+190.00m	115.52	15	SI	30	SI
4+200.00m	105.63	15	SI	30	SI
4+210.00m	95.77	15	SI	30	SI
4+220.00m	85.95	15	SI	30	SI
4+230.00m	76.22	15	SI	30	SI
4+240.00m	66.60	15	SI	30	SI
4+250.00m	57.17	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
4+260.00m	48.18	15	SI	30	SI
4+270.00m	40.02	15	SI	30	SI
4+280.00m	32.21	15	SI	30	SI
4+290.00m	30.93	15	SI	30	SI
4+300.00m	35.10	15	SI	30	SI
4+310.00m	165.87	15	SI	30	SI
4+320.00m	156.27	15	SI	30	SI
4+330.00m	146.35	15	SI	30	SI
4+340.00m	136.43	15	SI	30	SI
4+350.00m	126.52	15	SI	30	SI
4+360.00m	116.62	15	SI	30	SI
4+370.00m	106.75	15	SI	30	SI
4+380.00m	96.92	15	SI	30	SI
4+390.00m	87.13	15	SI	30	SI
4+400.00m	77.39	15	SI	30	SI
4+410.00m	67.69	15	SI	30	SI
4+420.00m	58.07	15	SI	30	SI
4+430.00m	48.66	15	SI	30	SI
4+440.00m	40.06	15	SI	30	SI
4+450.00m	32.31	15	SI	30	SI
4+460.00m	30.50	15	SI	30	SI
4+470.00m	40.47	15	SI	30	SI
4+480.00m	220.81	15	SI	30	SI
4+490.00m	212.72	15	SI	30	SI
4+500.00m	202.95	15	SI	30	SI
4+510.00m	193.22	15	SI	30	SI
4+520.00m	183.51	15	SI	30	SI
4+530.00m	173.82	15	SI	30	SI
4+540.00m	164.18	15	SI	30	SI
4+550.00m	154.61	15	SI	30	SI
4+560.00m	145.13	15	SI	30	SI
4+570.00m	135.78	15	SI	30	SI
4+580.00m	126.60	15	SI	30	SI
4+590.00m	117.68	15	SI	30	SI
4+600.00m	109.16	15	SI	30	SI
4+610.00m	101.09	15	SI	30	SI
4+620.00m	93.85	15	SI	30	SI
4+630.00m	88.48	15	SI	30	SI
4+640.00m	86.14	15	SI	30	SI
4+650.00m	92.60	15	SI	30	SI
4+660.00m	113.16	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
4+670.00m	102.92	15	SI	30	SI
4+680.00m	92.75	15	SI	30	SI
4+690.00m	82.71	15	SI	30	SI
4+700.00m	72.88	15	SI	30	SI
4+710.00m	63.21	15	SI	30	SI
4+720.00m	53.74	15	SI	30	SI
4+730.00m	44.72	15	SI	30	SI
4+740.00m	36.30	15	SI	30	SI
4+750.00m	30.91	15	SI	30	SI
4+760.00m	30.83	15	SI	30	SI
4+770.00m	33.34	15	SI	30	SI
4+780.00m	132.65	15	SI	30	SI
4+790.00m	121.35	15	SI	30	SI
4+800.00m	112.08	15	SI	30	SI
4+810.00m	102.38	15	SI	30	SI
4+820.00m	92.77	15	SI	30	SI
4+830.00m	83.30	15	SI	30	SI
4+840.00m	74.08	15	SI	30	SI
4+850.00m	65.32	15	SI	30	SI
4+860.00m	57.64	15	SI	30	SI
4+870.00m	52.78	15	SI	30	SI
4+880.00m	66.51	15	SI	30	SI
4+890.00m	168.07	15	SI	30	SI
4+900.00m	144.91	15	SI	30	SI
4+910.00m	140.70	15	SI	30	SI
4+920.00m	134.09	15	SI	30	SI
4+930.00m	129.50	15	SI	30	SI
4+940.00m	121.49	15	SI	30	SI
4+950.00m	113.13	15	SI	30	SI
4+960.00m	105.42	15	SI	30	SI
4+970.00m	98.01	15	SI	30	SI
4+980.00m	88.55	15	SI	30	SI
4+990.00m	79.02	15	SI	30	SI
5+000.00m	69.71	15	SI	30	SI
5+010.00m	60.84	15	SI	30	SI
5+020.00m	52.98	15	SI	30	SI
5+030.00m	47.77	15	SI	30	SI
5+040.00m	62.99	15	SI	30	SI
5+050.00m	116.94	15	SI	30	SI
5+060.00m	110.72	15	SI	30	SI
5+070.00m	101.03	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
5+080.00m	91.42	15	SI	30	SI
5+090.00m	81.95	15	SI	30	SI
5+100.00m	72.74	15	SI	30	SI
5+110.00m	64.02	15	SI	30	SI
5+120.00m	56.44	15	SI	30	SI
5+130.00m	50.51	15	SI	30	SI
5+140.00m	56.70	15	SI	30	SI
5+150.00m	77.35	15	SI	30	SI
5+160.00m	66.57	15	SI	30	SI
5+170.00m	56.98	15	SI	30	SI
5+180.00m	48.20	15	SI	30	SI
5+190.00m	40.93	15	SI	30	SI
5+200.00m	36.54	15	SI	30	SI
5+210.00m	82.95	15	SI	30	SI
5+220.00m	70.74	15	SI	30	SI
5+230.00m	60.93	15	SI	30	SI
5+240.00m	52.29	15	SI	30	SI
5+250.00m	45.13	15	SI	30	SI
5+260.00m	43.36	15	SI	30	SI
5+270.00m	80.52	15	SI	30	SI
5+280.00m	69.15	15	SI	30	SI
5+290.00m	59.46	15	SI	30	SI
5+300.00m	50.33	15	SI	30	SI
5+310.00m	41.34	15	SI	30	SI
5+320.00m	33.40	15	SI	30	SI
5+330.00m	30.46	15	SI	30	SI
5+340.00m	30.60	15	SI	30	SI
5+350.00m	30.38	15	SI	30	SI
5+360.00m	30.29	15	SI	30	SI
5+370.00m	31.76	15	SI	30	SI
5+380.00m	75.09	15	SI	30	SI
5+390.00m	67.34	15	SI	30	SI
5+400.00m	58.28	15	SI	30	SI
5+410.00m	49.51	15	SI	30	SI
5+420.00m	41.54	15	SI	30	SI
5+430.00m	35.17	15	SI	30	SI
5+440.00m	44.46	15	SI	30	SI
5+450.00m	88.46	15	SI	30	SI
5+460.00m	77.50	15	SI	30	SI
5+470.00m	68.34	15	SI	30	SI
5+480.00m	59.70	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
5+490.00m	52.35	15	SI	30	SI
5+500.00m	49.28	15	SI	30	SI
5+510.00m	95.19	15	SI	30	SI
5+520.00m	83.58	15	SI	30	SI
5+530.00m	73.24	15	SI	30	SI
5+540.00m	63.88	15	SI	30	SI
5+550.00m	54.96	15	SI	30	SI
5+560.00m	47.14	15	SI	30	SI
5+570.00m	42.21	15	SI	30	SI
5+580.00m	76.24	15	SI	30	SI
5+590.00m	276.50	15	SI	30	SI
5+600.00m	263.49	15	SI	30	SI
5+610.00m	257.95	15	SI	30	SI
5+620.00m	255.92	15	SI	30	SI
5+630.00m	268.59	15	SI	30	SI
5+640.00m	258.72	15	SI	30	SI
5+650.00m	248.85	15	SI	30	SI
5+660.00m	239.00	15	SI	30	SI
5+670.00m	229.16	15	SI	30	SI
5+680.00m	219.34	15	SI	30	SI
5+690.00m	209.54	15	SI	30	SI
5+700.00m	199.76	15	SI	30	SI
5+710.00m	192.91	15	SI	30	SI
5+720.00m	183.99	15	SI	30	SI
5+730.00m	175.19	15	SI	30	SI
5+740.00m	166.34	15	SI	30	SI
5+750.00m	157.35	15	SI	30	SI
5+760.00m	148.55	15	SI	30	SI
5+770.00m	140.00	15	SI	30	SI
5+780.00m	302.99	15	SI	30	SI
5+790.00m	294.53	15	SI	30	SI
5+800.00m	286.57	15	SI	30	SI
5+810.00m	279.40	15	SI	30	SI
5+820.00m	271.36	15	SI	30	SI
5+830.00m	264.19	15	SI	30	SI
5+840.00m	260.48	15	SI	30	SI
5+850.00m	299.80	15	SI	30	SI
5+860.00m	289.42	15	SI	30	SI
5+870.00m	278.95	15	SI	30	SI
5+880.00m	268.45	15	SI	30	SI
5+890.00m	258.04	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
5+900.00m	247.79	15	SI	30	SI
5+910.00m	237.81	15	SI	30	SI
5+920.00m	227.98	15	SI	30	SI
5+930.00m	218.16	15	SI	30	SI
5+940.00m	208.37	15	SI	30	SI
5+950.00m	198.60	15	SI	30	SI
5+960.00m	188.86	15	SI	30	SI
5+970.00m	179.15	15	SI	30	SI
5+980.00m	169.49	15	SI	30	SI
5+990.00m	159.88	15	SI	30	SI
6+000.00m	156.54	15	SI	30	SI
6+010.00m	330.99	15	SI	30	SI
6+020.00m	321.78	15	SI	30	SI
6+030.00m	312.78	15	SI	30	SI
6+040.00m	304.10	15	SI	30	SI
6+050.00m	295.90	15	SI	30	SI
6+060.00m	288.53	15	SI	30	SI
6+070.00m	281.29	15	SI	30	SI
6+080.00m	275.34	15	SI	30	SI
6+090.00m	318.29	15	SI	30	SI
6+100.00m	307.93	15	SI	30	SI
6+110.00m	297.38	15	SI	30	SI
6+120.00m	286.66	15	SI	30	SI
6+130.00m	275.99	15	SI	30	SI
6+140.00m	265.44	15	SI	30	SI
6+150.00m	255.19	15	SI	30	SI
6+160.00m	245.31	15	SI	30	SI
6+170.00m	235.53	15	SI	30	SI
6+180.00m	225.77	15	SI	30	SI
6+190.00m	216.03	15	SI	30	SI
6+200.00m	206.32	15	SI	30	SI
6+210.00m	196.64	15	SI	30	SI
6+220.00m	187.01	15	SI	30	SI
6+230.00m	177.42	15	SI	30	SI
6+240.00m	167.89	15	SI	30	SI
6+250.00m	158.42	15	SI	30	SI
6+260.00m	149.05	15	SI	30	SI
6+270.00m	139.74	15	SI	30	SI
6+280.00m	263.03	15	SI	30	SI
6+290.00m	254.49	15	SI	30	SI
6+300.00m	246.38	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
6+310.00m	240.18	15	SI	30	SI
6+320.00m	231.09	15	SI	30	SI
6+330.00m	222.83	15	SI	30	SI
6+340.00m	216.84	15	SI	30	SI
6+350.00m	258.79	15	SI	30	SI
6+360.00m	248.33	15	SI	30	SI
6+370.00m	237.67	15	SI	30	SI
6+380.00m	226.87	15	SI	30	SI
6+390.00m	216.17	15	SI	30	SI
6+400.00m	205.66	15	SI	30	SI
6+410.00m	195.58	15	SI	30	SI
6+420.00m	185.88	15	SI	30	SI
6+430.00m	176.24	15	SI	30	SI
6+440.00m	166.65	15	SI	30	SI
6+450.00m	157.12	15	SI	30	SI
6+460.00m	147.67	15	SI	30	SI
6+470.00m	138.32	15	SI	30	SI
6+480.00m	129.08	15	SI	30	SI
6+490.00m	119.99	15	SI	30	SI
6+500.00m	166.82	15	SI	30	SI
6+510.00m	157.79	15	SI	30	SI
6+520.00m	148.87	15	SI	30	SI
6+530.00m	140.08	15	SI	30	SI
6+540.00m	131.14	15	SI	30	SI
6+550.00m	122.20	15	SI	30	SI
6+560.00m	113.45	15	SI	30	SI
6+570.00m	105.10	15	SI	30	SI
6+580.00m	97.33	15	SI	30	SI
6+590.00m	90.62	15	SI	30	SI
6+600.00m	84.72	15	SI	30	SI
6+610.00m	78.29	15	SI	30	SI
6+620.00m	69.78	15	SI	30	SI
6+630.00m	62.40	15	SI	30	SI
6+640.00m	58.55	15	SI	30	SI
6+650.00m	74.44	15	SI	30	SI
6+660.00m	99.62	15	SI	30	SI
6+670.00m	88.82	15	SI	30	SI
6+680.00m	78.91	15	SI	30	SI
6+690.00m	69.42	15	SI	30	SI
6+700.00m	60.12	15	SI	30	SI
6+710.00m	50.85	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
6+720.00m	41.91	15	SI	30	SI
6+730.00m	34.53	15	SI	30	SI
6+740.00m	31.63	15	SI	30	SI
6+750.00m	31.49	15	SI	30	SI
6+760.00m	31.91	15	SI	30	SI
6+770.00m	36.00	15	SI	30	SI
6+780.00m	65.75	15	SI	30	SI
6+790.00m	60.08	15	SI	30	SI
6+800.00m	50.70	15	SI	30	SI
6+810.00m	41.72	15	SI	30	SI
6+820.00m	33.72	15	SI	30	SI
6+830.00m	30.47	15	SI	30	SI
6+840.00m	30.52	15	SI	30	SI
6+850.00m	30.35	15	SI	30	SI
6+860.00m	30.36	15	SI	30	SI
6+870.00m	91.17	15	SI	30	SI
6+880.00m	79.59	15	SI	30	SI
6+890.00m	69.67	15	SI	30	SI
6+900.00m	60.34	15	SI	30	SI
6+910.00m	51.24	15	SI	30	SI
6+920.00m	43.30	15	SI	30	SI
6+930.00m	41.20	15	SI	30	SI
6+940.00m	108.81	15	SI	30	SI
6+950.00m	100.98	15	SI	30	SI
6+960.00m	93.70	15	SI	30	SI
6+970.00m	88.55	15	SI	30	SI
6+980.00m	83.75	15	SI	30	SI
6+990.00m	80.09	15	SI	30	SI
7+000.00m	72.56	15	SI	30	SI
7+010.00m	63.18	15	SI	30	SI
7+020.00m	53.69	15	SI	30	SI
7+030.00m	44.62	15	SI	30	SI
7+040.00m	36.87	15	SI	30	SI
7+050.00m	31.39	15	SI	30	SI
7+060.00m	45.03	15	SI	30	SI
7+070.00m	164.17	15	SI	30	SI
7+080.00m	153.09	15	SI	30	SI
7+090.00m	143.39	15	SI	30	SI
7+100.00m	133.76	15	SI	30	SI
7+110.00m	124.24	15	SI	30	SI
7+120.00m	114.90	15	SI	30	SI

Geometría recomendada		Distancia visual de parada, m		Distancia visual de encuentro, m	
		PRTC		PRTC	
Progresiva	Distancia visual	Distancia visual mín.	¿Cumple?	Distancia visual mín.	¿Cumple?
7+130.00m	105.84	15	SI	30	SI
7+140.00m	97.22	15	SI	30	SI
7+150.00m	89.59	15	SI	30	SI
7+160.00m	82.97	15	SI	30	SI
7+170.00m	82.90	15	SI	30	SI
7+180.00m	168.53	15	SI	30	SI
7+190.00m	159.16	15	SI	30	SI
7+200.00m	149.93	15	SI	30	SI
7+210.00m	140.87	15	SI	30	SI
7+220.00m	132.06	15	SI	30	SI
7+230.00m	123.68	15	SI	30	SI
7+240.00m	116.24	15	SI	30	SI
7+250.00m	111.20	15	SI	30	SI
7+260.00m	114.71	15	SI	30	SI
7+270.00m	134.65	15	SI	30	SI
7+280.00m	123.30	15	SI	30	SI
7+290.00m	113.27	15	SI	30	SI
7+300.00m	103.58	15	SI	30	SI
7+310.00m	93.99	15	SI	30	SI
7+320.00m	84.35	15	SI	30	SI
7+330.00m	74.58	15	SI	30	SI
7+340.00m	64.92	15	SI	30	SI
7+350.00m	55.46	15	SI	30	SI
7+360.00m	46.44	15	SI	30	SI
7+370.00m	38.10	15	SI	30	SI
7+380.00m	31.61	15	SI	30	SI
7+390.00m	30.99	15	SI	30	SI
7+400.00m	30.73	15	SI	30	SI
7+410.00m	30.34	15	SI	30	SI
7+420.00m	52.61	15	SI	30	SI
7+430.00m	54.51	15	SI	30	SI
7+440.00m	44.51	15	SI	30	SI
7+450.00m	34.51	15	SI	30	SI

Nota. Elaboración propia.

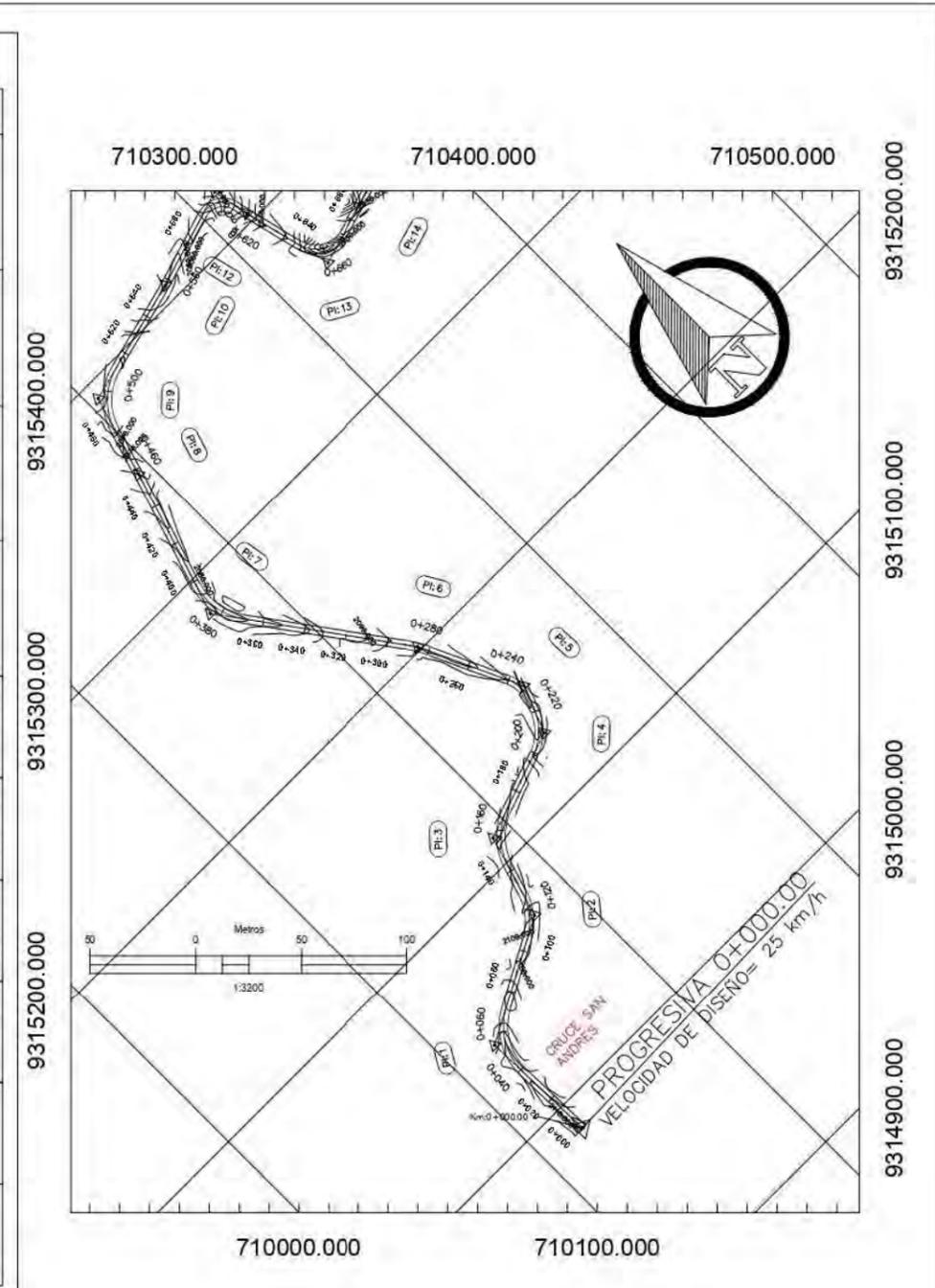
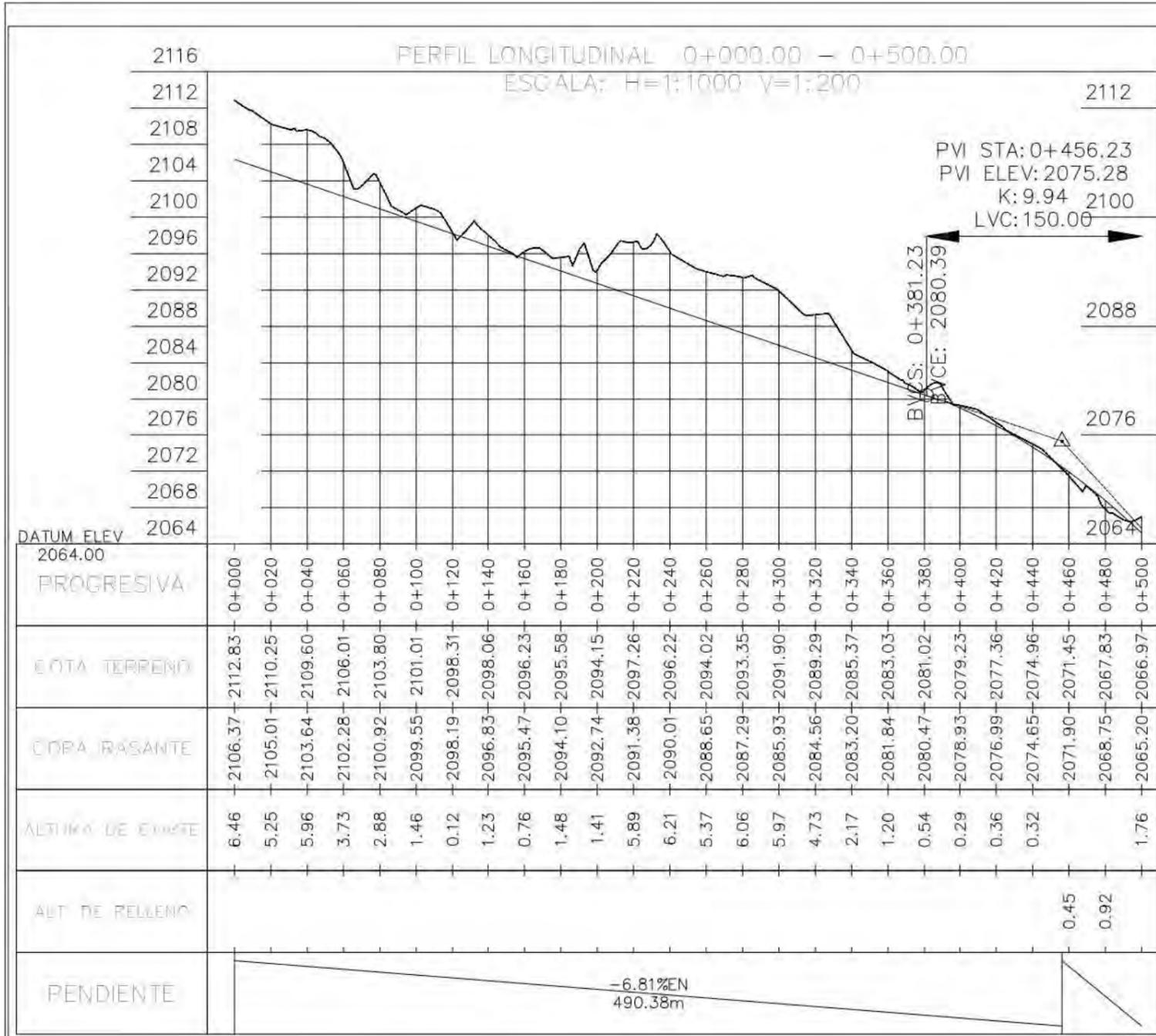


Planos

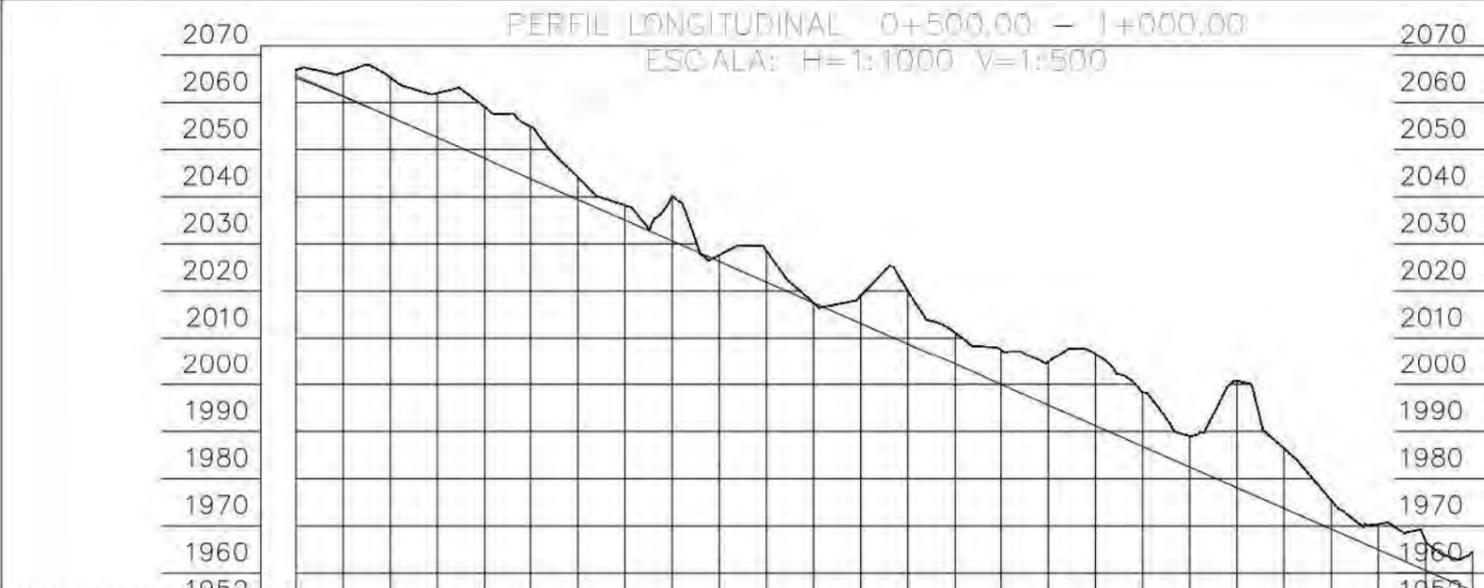




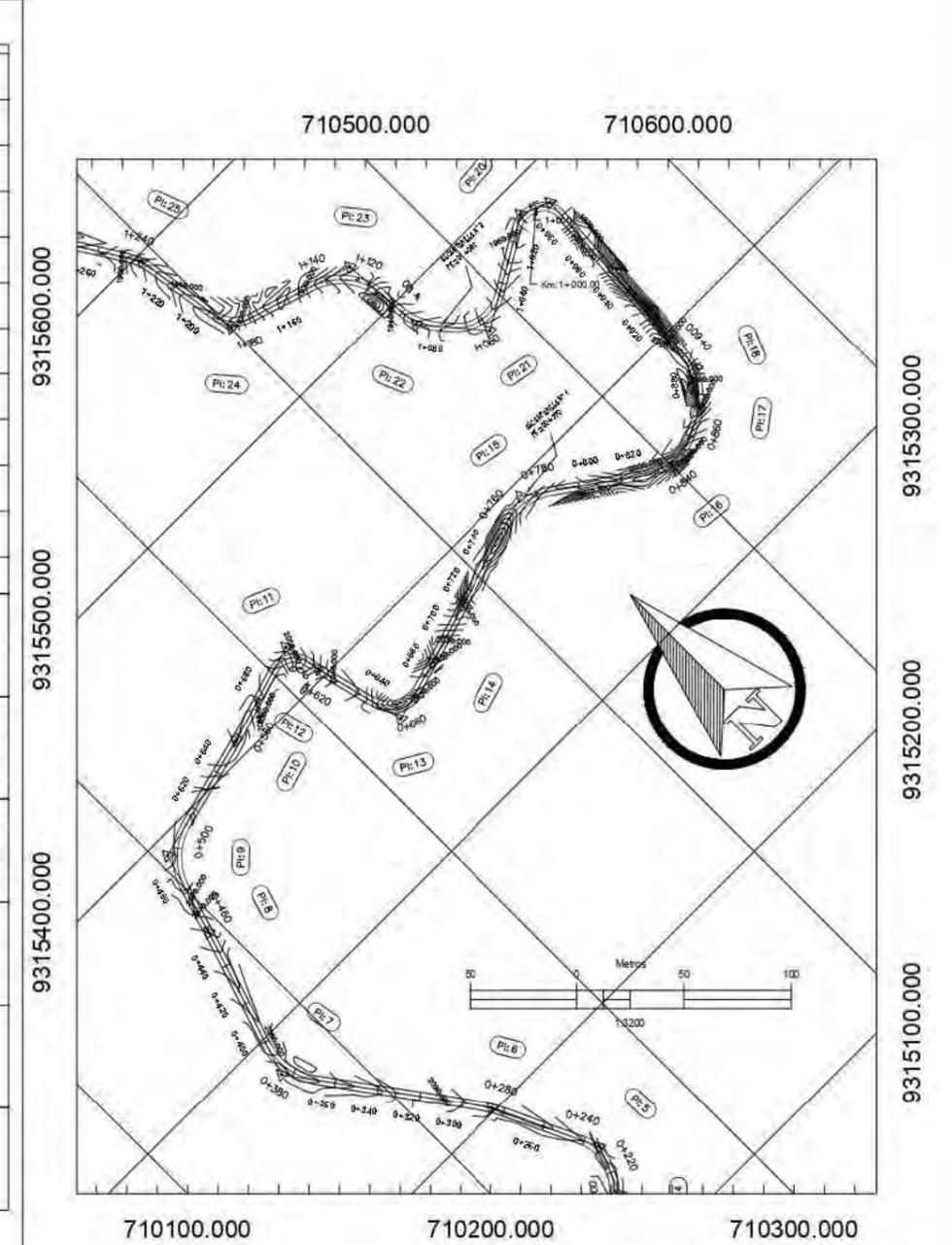
Planos A. Planos originales del proyecto



	MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CUTERVO	Proyecto: 'CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA'	Distrito: QUEROCOTILLO	REVISIONES		Plano: PERFIL LONGITUDINAL	Escala: INDICADA	Rev: 1
		Provincia: CUTERVO	REVISIONES REV. N°: FECHA DESCRIPCION	Ubicación: Km 00+000 - 00+500	Fecha: ENERO - 2021	Pag. 01		
		Departamento: CAJAMARCA	(Empty table for revisions)	(Empty table for revisions)	(Empty table for revisions)	(Empty table for revisions)		
		(Empty table for revisions)	(Empty table for revisions)	(Empty table for revisions)	(Empty table for revisions)	(Empty table for revisions)		



DATUM ELEV	1952
1952.00	
PROGRESIVA	0+500 0+520 0+540 0+560 0+580 0+600 0+620 0+640 0+660 0+680 0+700 0+720 0+740 0+760 0+780 0+800 0+820 0+840 0+860 0+880 0+900 0+920 0+940 0+960 0+980 1+000
EOTA TERRENO	2066.97 2066.36 2065.27 2061.97 2059.04 2054.88 2044.15 2038.20 2040.12 2027.65 2028.55 2017.59 2019.05 2019.99 2011.18 2007.53 2004.80 2006.61 1998.33 1989.04 2000.70 1986.39 1975.41 1970.39 1966.76 1964.52
AREA BASANTE	2065.20 2061.25 2056.93 2052.56 2048.18 2043.80 2039.42 2035.04 2030.66 2026.28 2021.90 2017.52 2013.14 2008.76 2004.38 2000.00 1995.62 1991.24 1986.86 1982.48 1978.10 1973.72 1969.34 1964.96 1960.58 1956.20
ALTURA DE CUERTE	1.76 5.11 8.34 9.42 10.87 11.08 4.73 3.16 9.46 1.38 6.66 0.07 5.91 11.23 6.80 7.53 9.18 15.37 11.47 6.57 22.60 12.67 6.07 5.43 6.18 8.32
ALT DE RELLENO	
PENDIENTE	-21.90%EN 880.38m



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
CUTERVO

Proyecto:
"CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO -
BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO
DE CAJAMARCA"

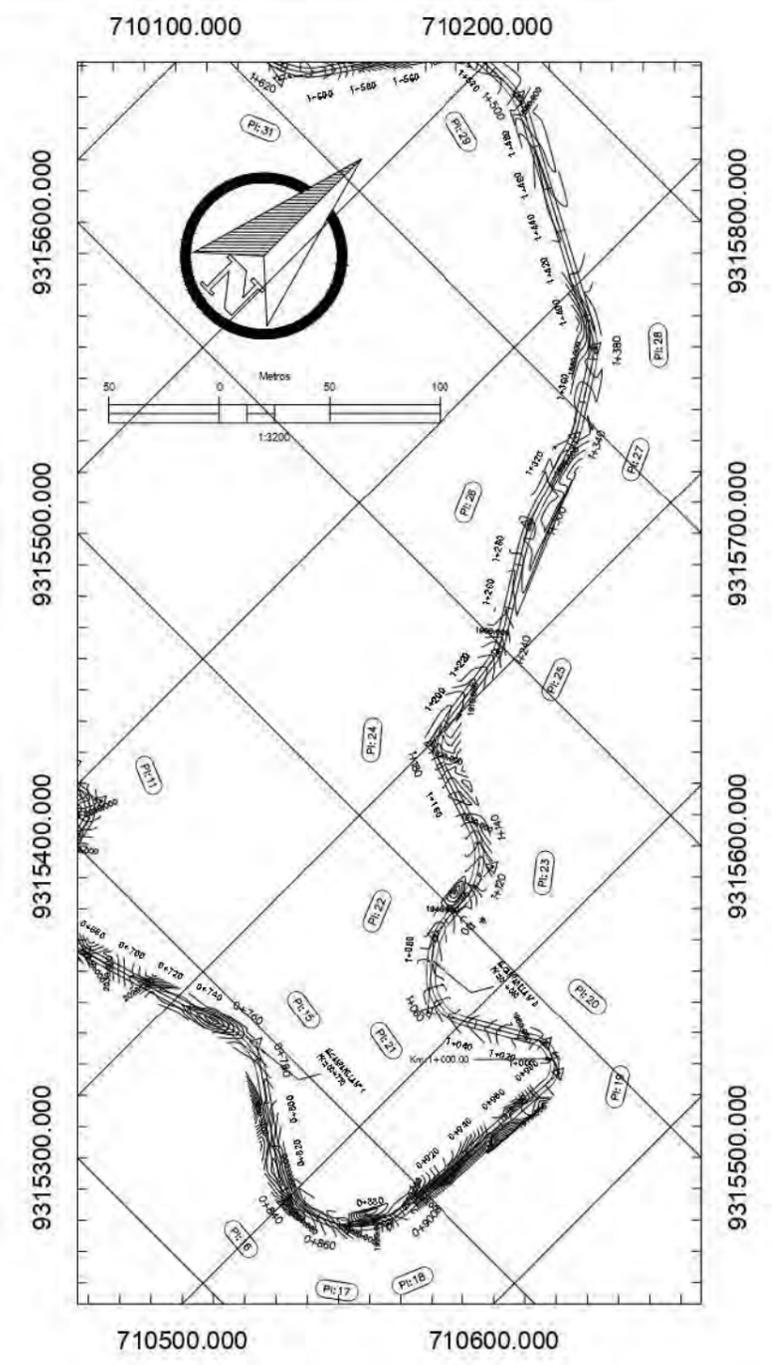
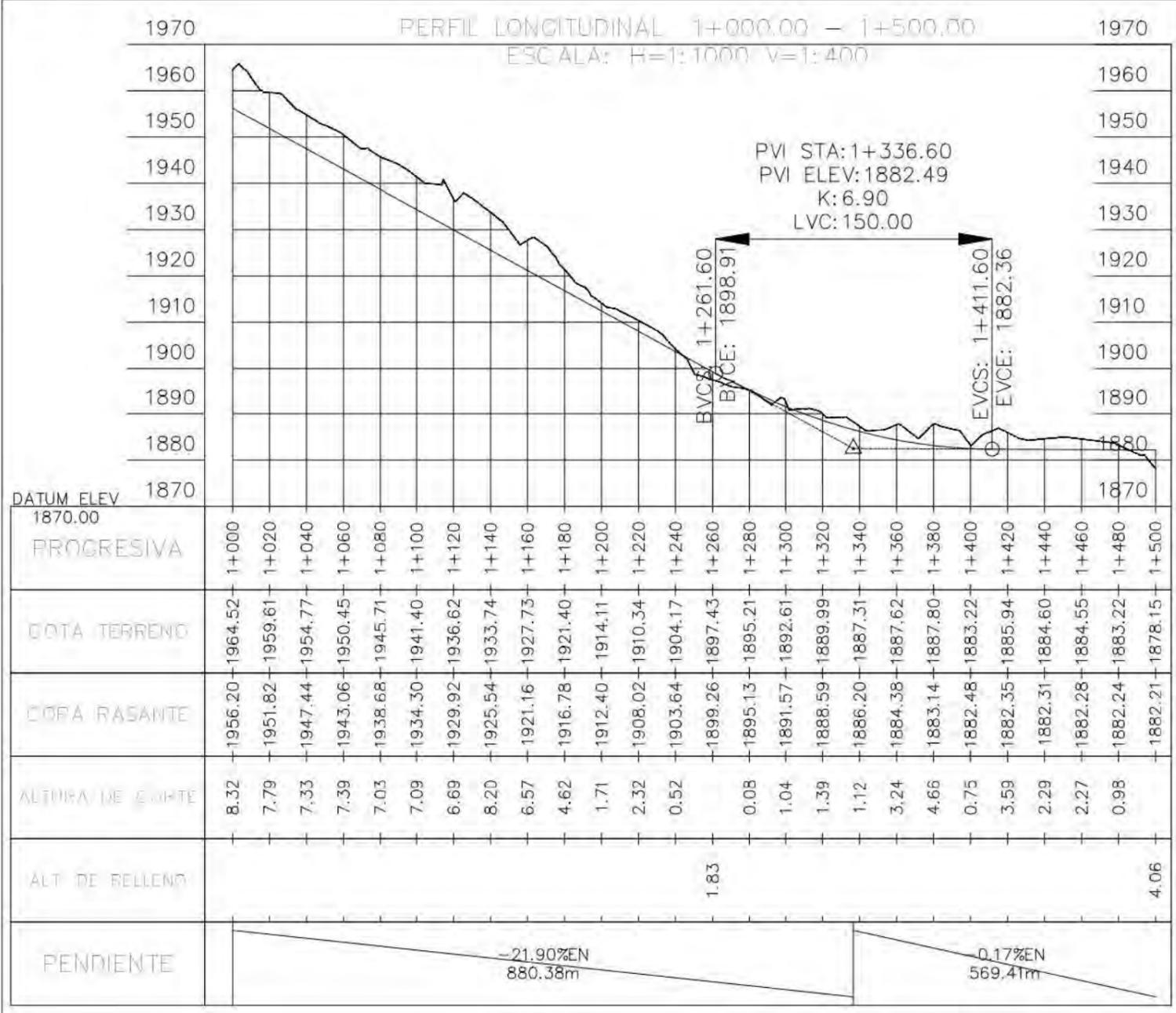
Distrito:
QUEROCOTILLO
Provincia:
CUTERVO
Departamento:
CAJAMARCA

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

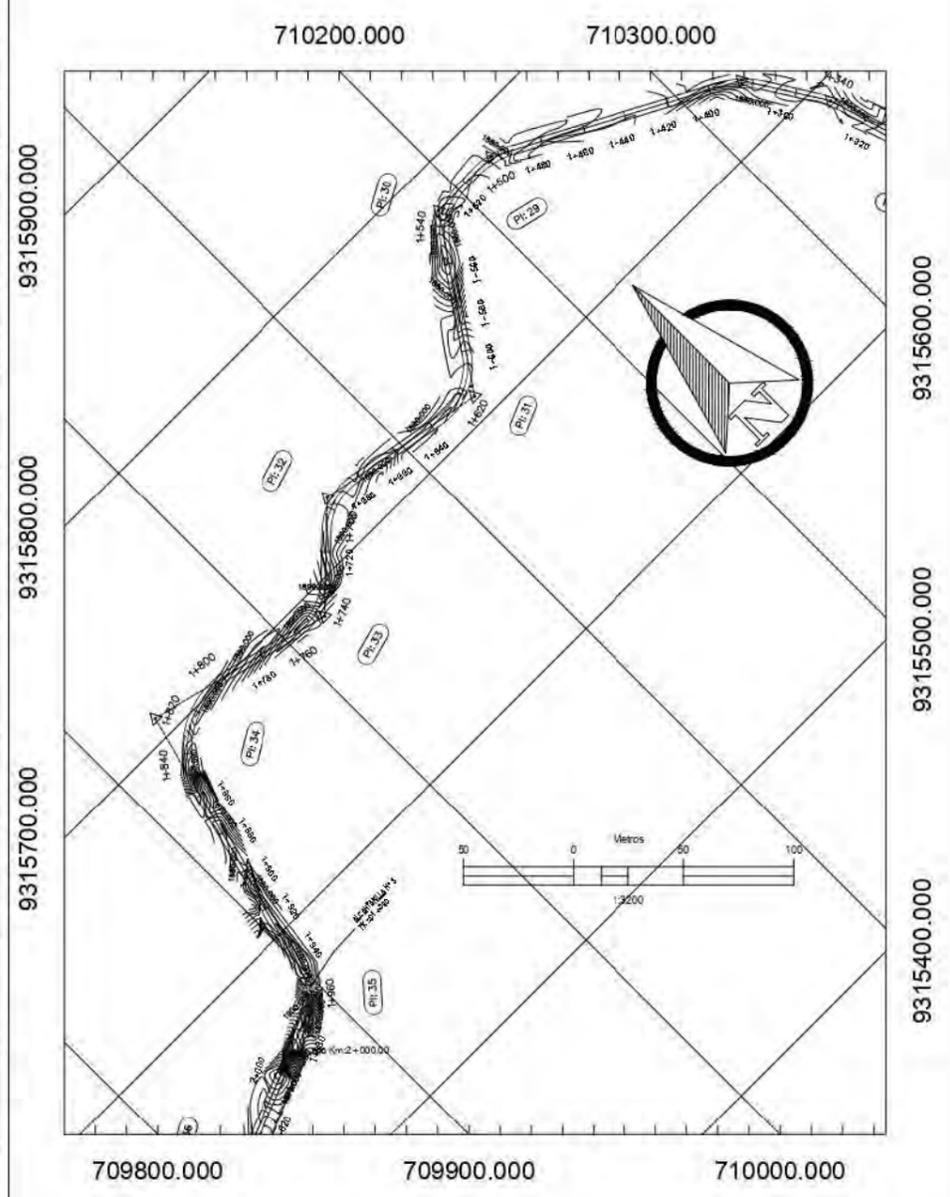
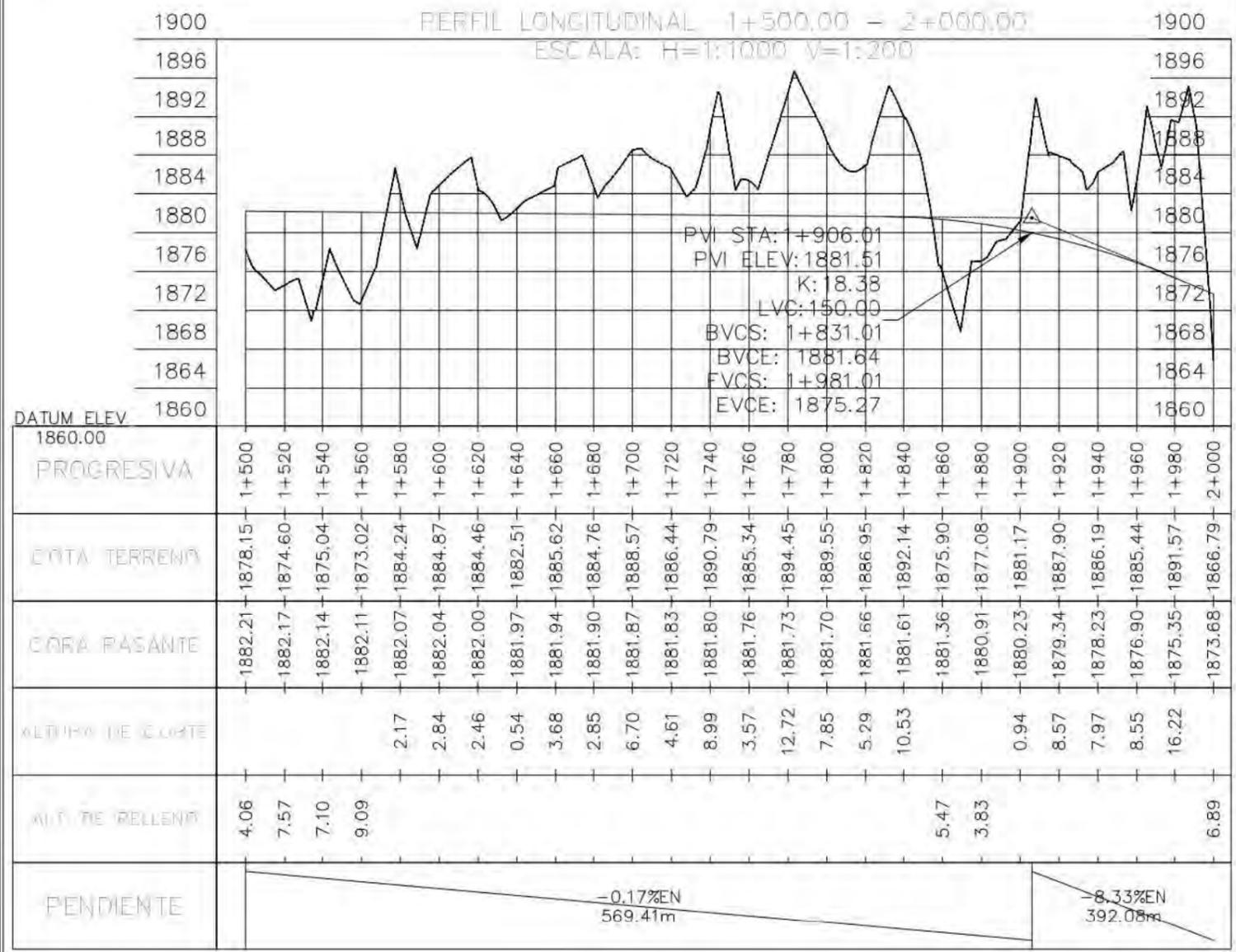
Plano: PERFIL LONGITUDINAL
Ubicación: Km 00+500 - 01+000

Escala: INDICADA
Fecha: ENERO - 2021
PL - 02

Rev. 1
Pag. 02



 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CUTERVO	Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRÁNSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"	Distrito:	QUEROCOTILLO	REVISIONES		Plano:	PERFIL LONGITUDINAL	Escala:	INDICADA	Rev.	1
		Provincia:	CUTERVO	REV. N°:	FECHA	DESCRIPCION	Ubicación:	Km 01+000 - 01+500	Fecha:	ENERO - 2021	Pag.
		Departamento:	CAJAMARCA						PL - 03		



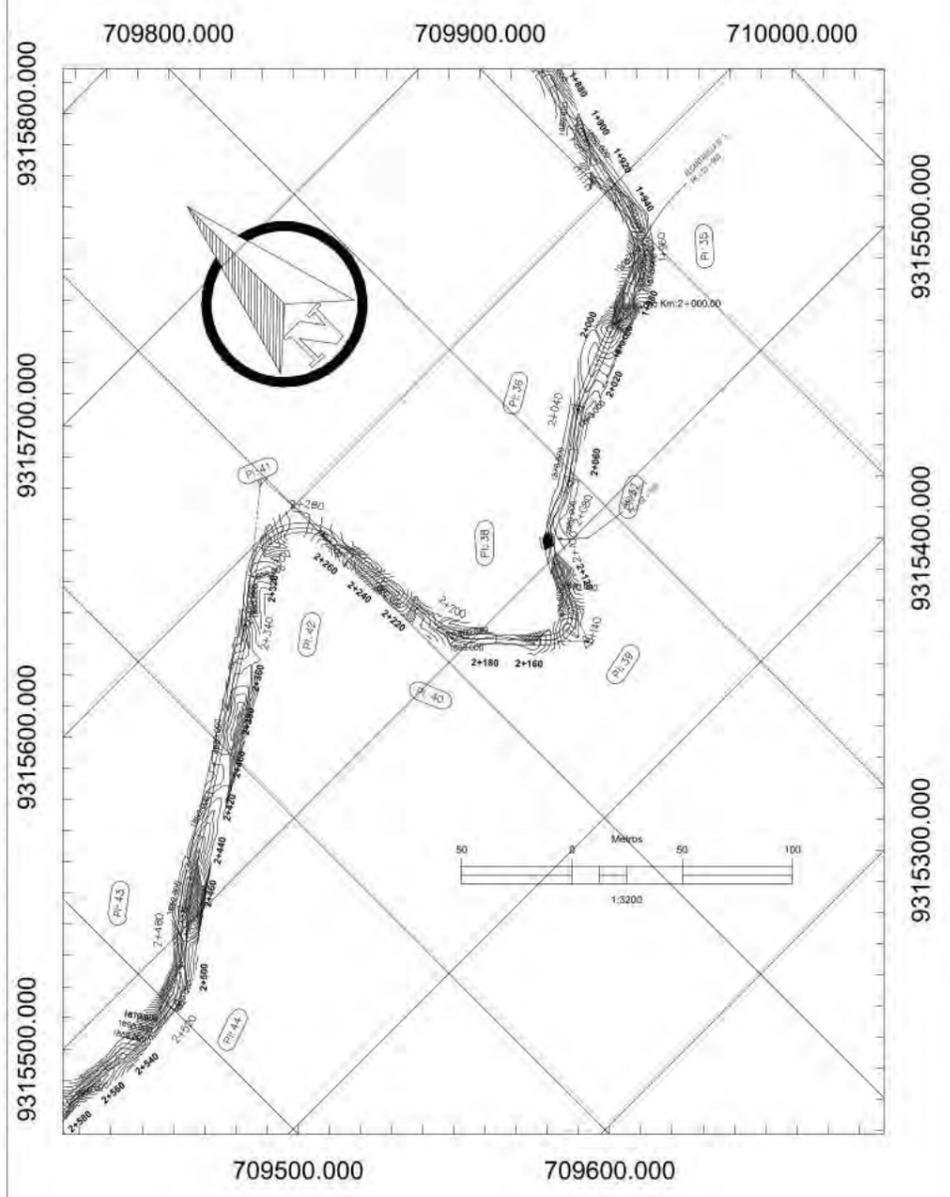
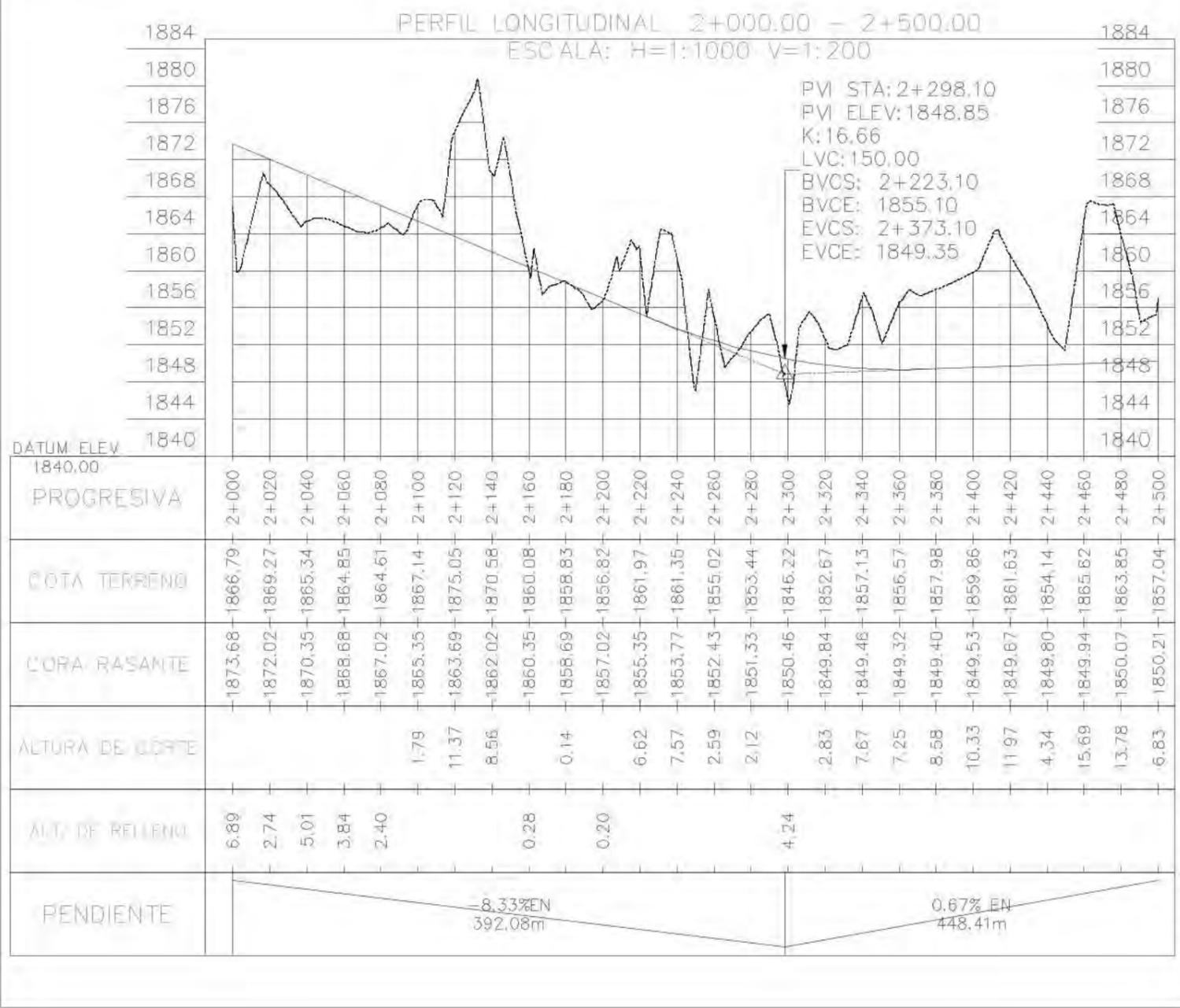
Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

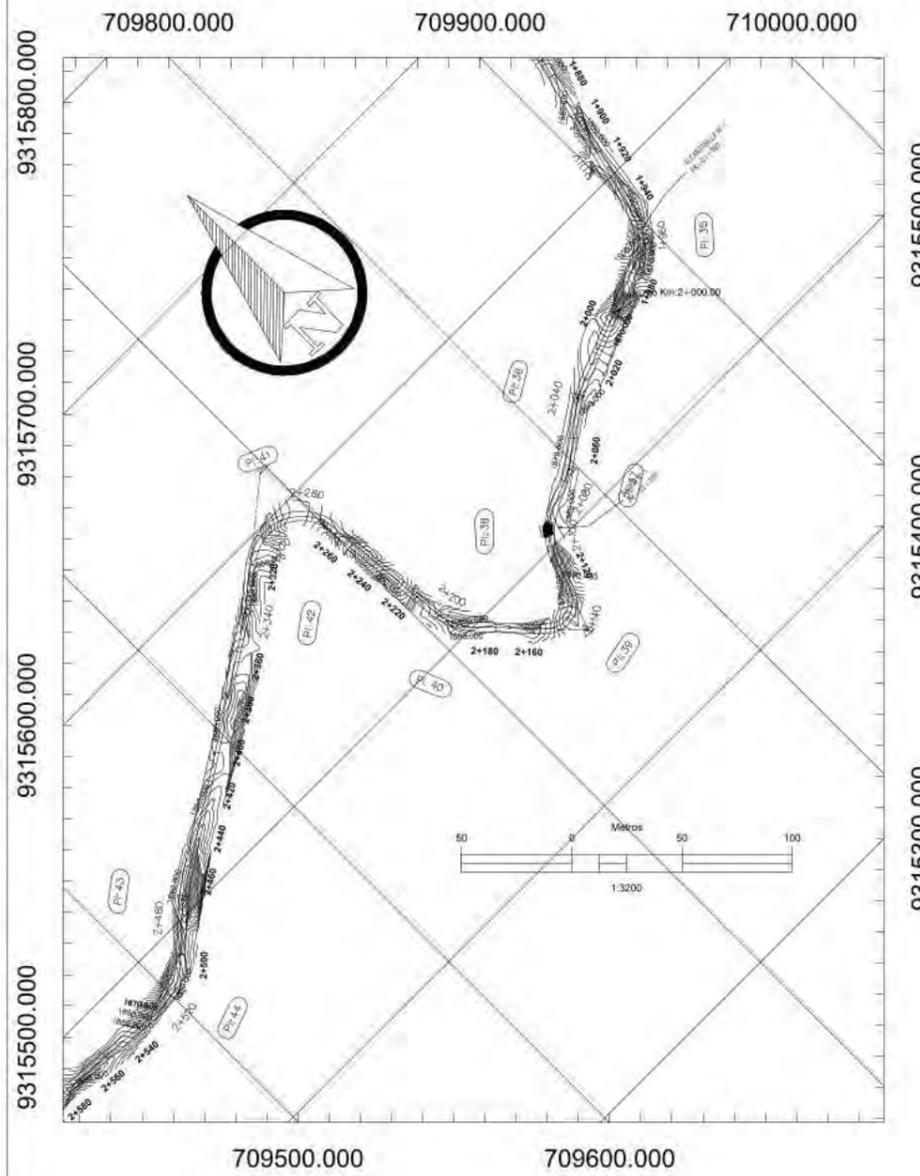
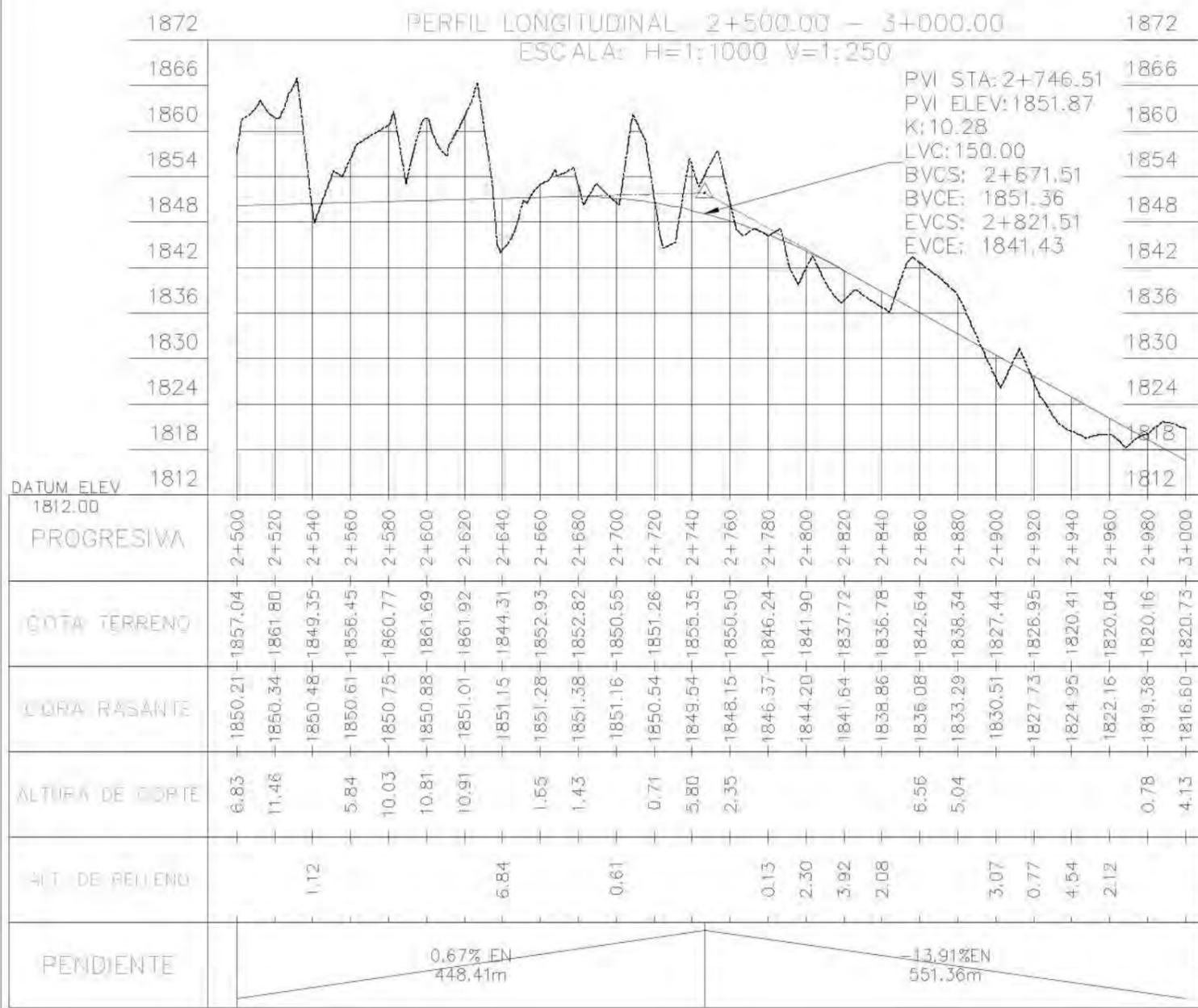
REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

Plano: PERFIL LONGITUDINAL
Ubicación: Km 01+500 - 02+000

Escala: INDICADA
Fecha: ENERO - 2021
Rev. 1
Pag. 04
PL - 04



 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CUTERVO	Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"	Distrito:	QUEROCOTILLO	REVISIONES		Plano: PERFIL LONGITUDINAL Ubicación: Km 02+000 - 02+500	Escala: INDICADA Fecha: ENERO - 2021	Rev. 1
		Provincia:	CUTERVO	REV. N°:	FECHA:		DESCRIPCION:	Pag. 05
		Departamento:	CAJAMARCA					



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
CUTERVO**

Proyecto:
"CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO -
BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO
DE CAJAMARCA"

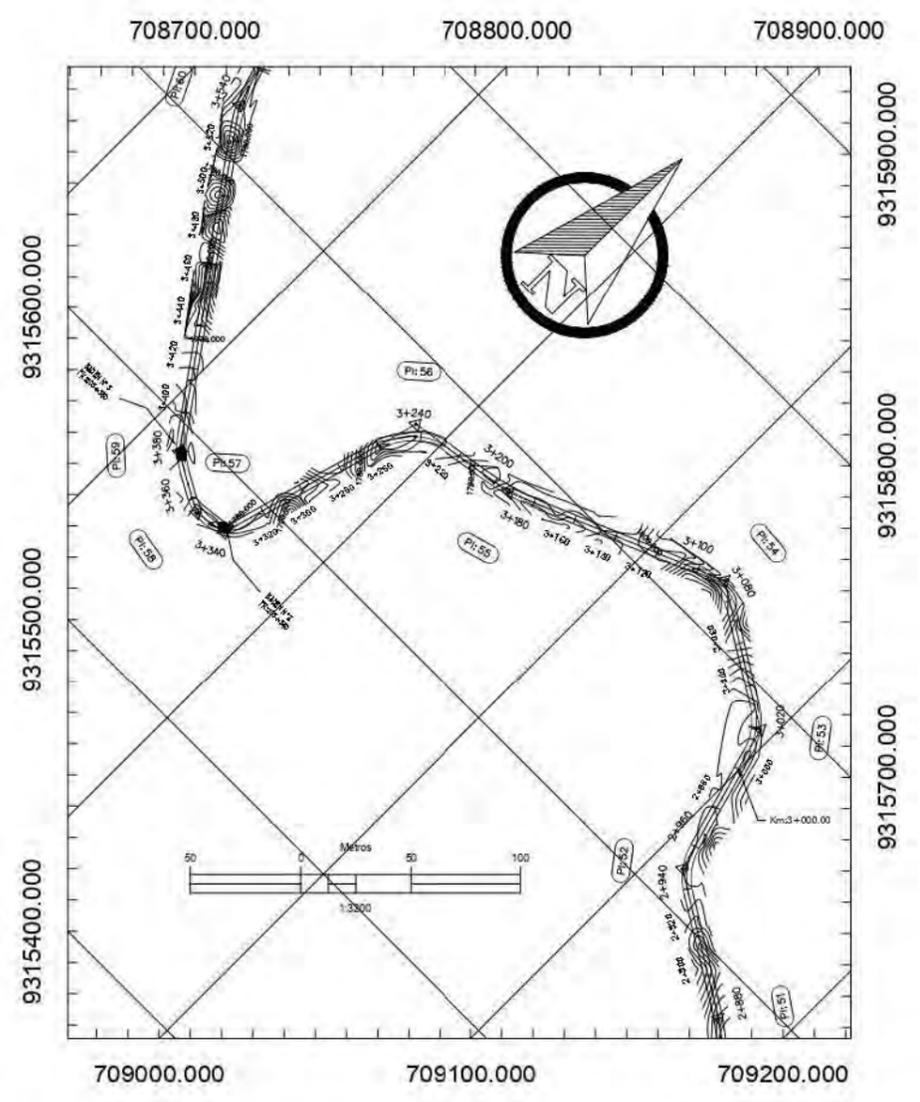
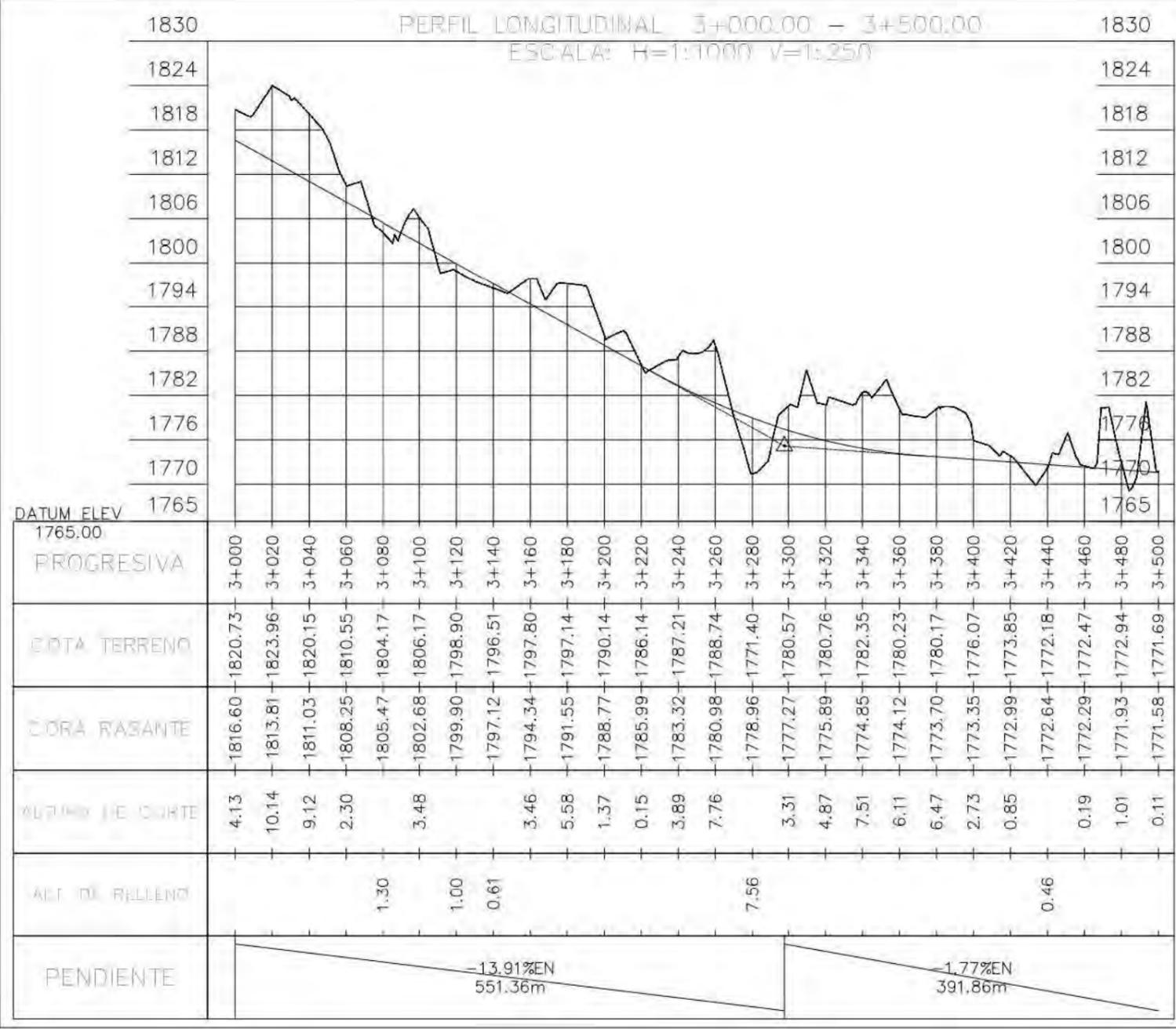
Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

Plano: PERFIL LONGITUDINAL
Ubicación: Km 02+500 - 03+000

Escala: INDICADA
Fecha: ENERO - 2021
PL - 06

Rev. 1
Pag. 06



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
CUTERVO

Proyecto:
"CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO -
BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO
DE CAJAMARCA"

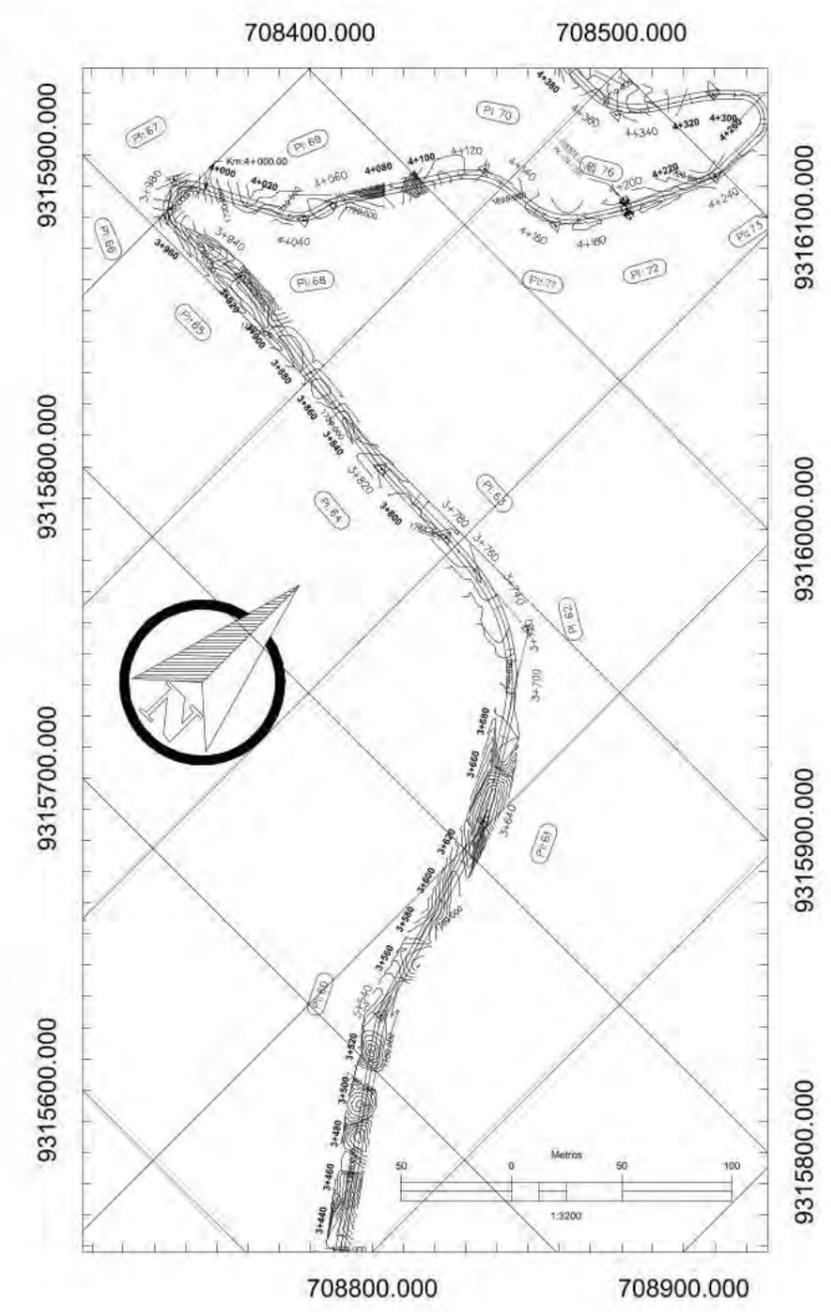
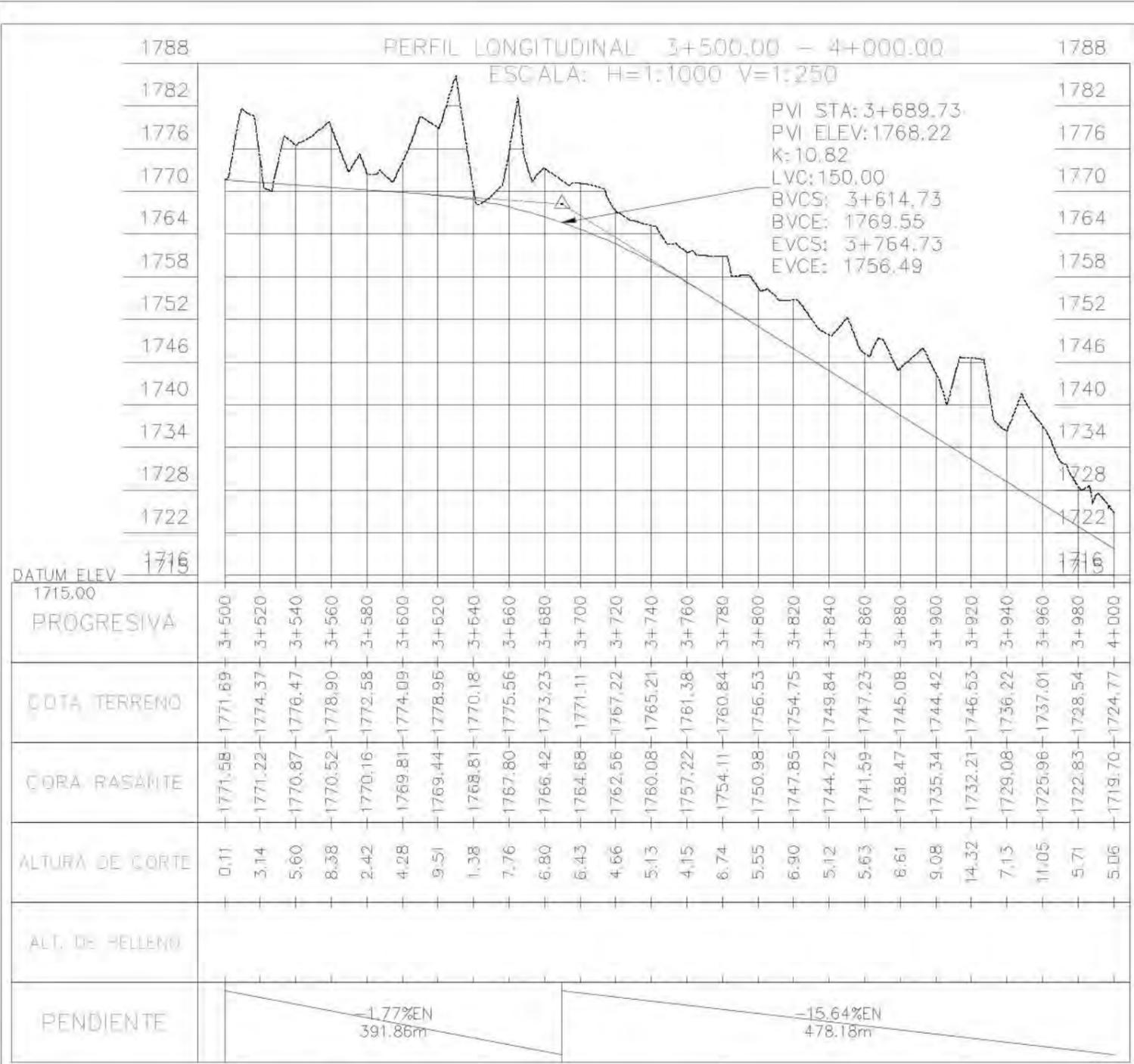
Distrito:
QUEROCOTILLO
Provincia:
CUTERVO
Departamento:
CAJAMARCA

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

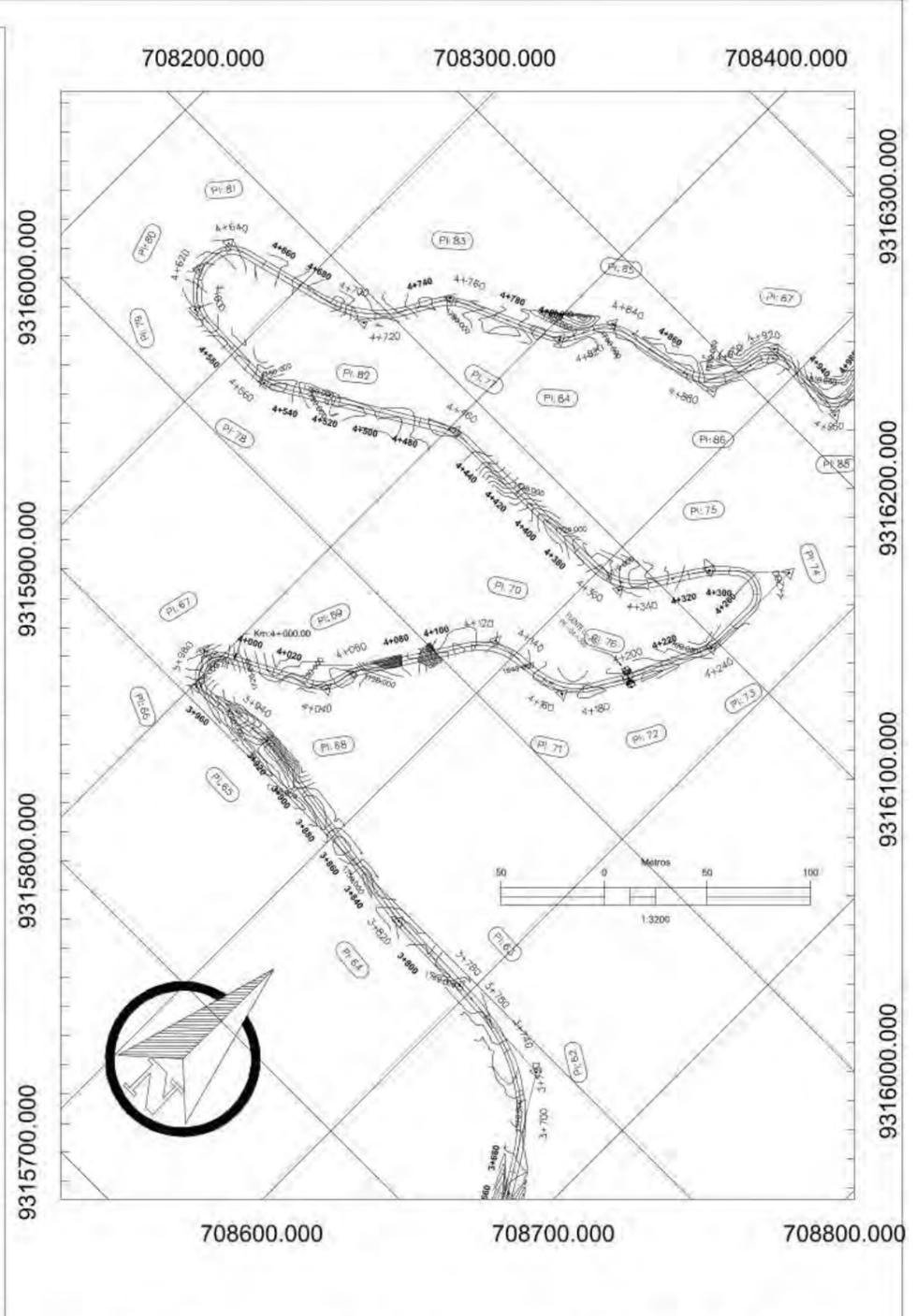
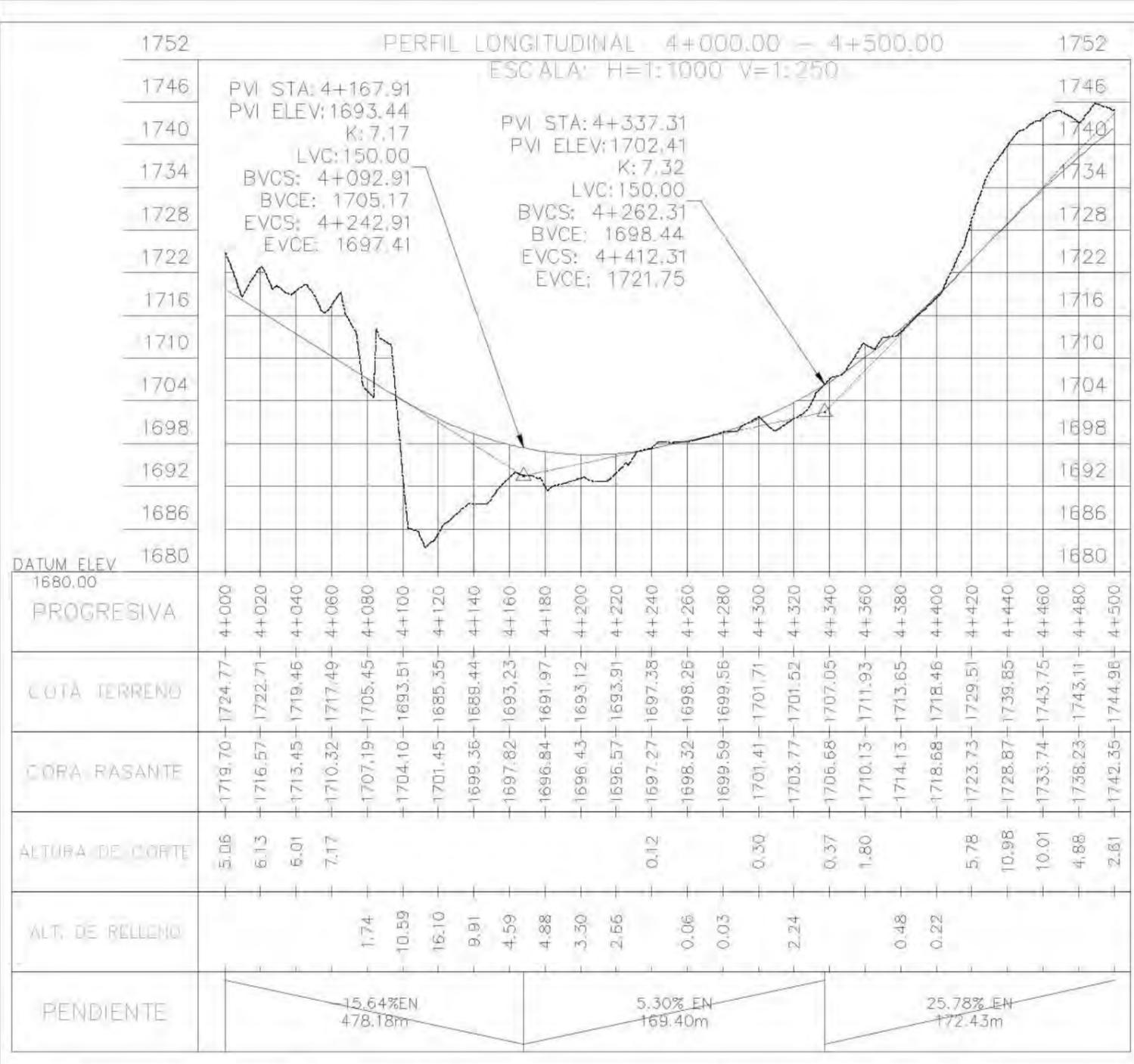
Plano: PERFIL LONGITUDINAL
Ubicación: Km 03+000 - 03+500

Escala: INDICADA
Fecha: ENERO - 2021
PL - 07

Rev. 1
Pag. 07



 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CUTERVO	Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"	Distrito:	QUEROCOTILLO	REVISIONES		Plano: PERFIL LONGITUDINAL Ubicación: Km 03+500 - 04+000	Escala: INDICADA Fecha: ENERO - 2021	Rev. 1
		Provincia:	CUTERVO	REV. N°:	FECHA:		DESCRIPCION:	Escala: INDICADA Fecha: ENERO - 2021
		Departamento:	CAJAMARCA				Escala: INDICADA Fecha: ENERO - 2021	Rev. 1



Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

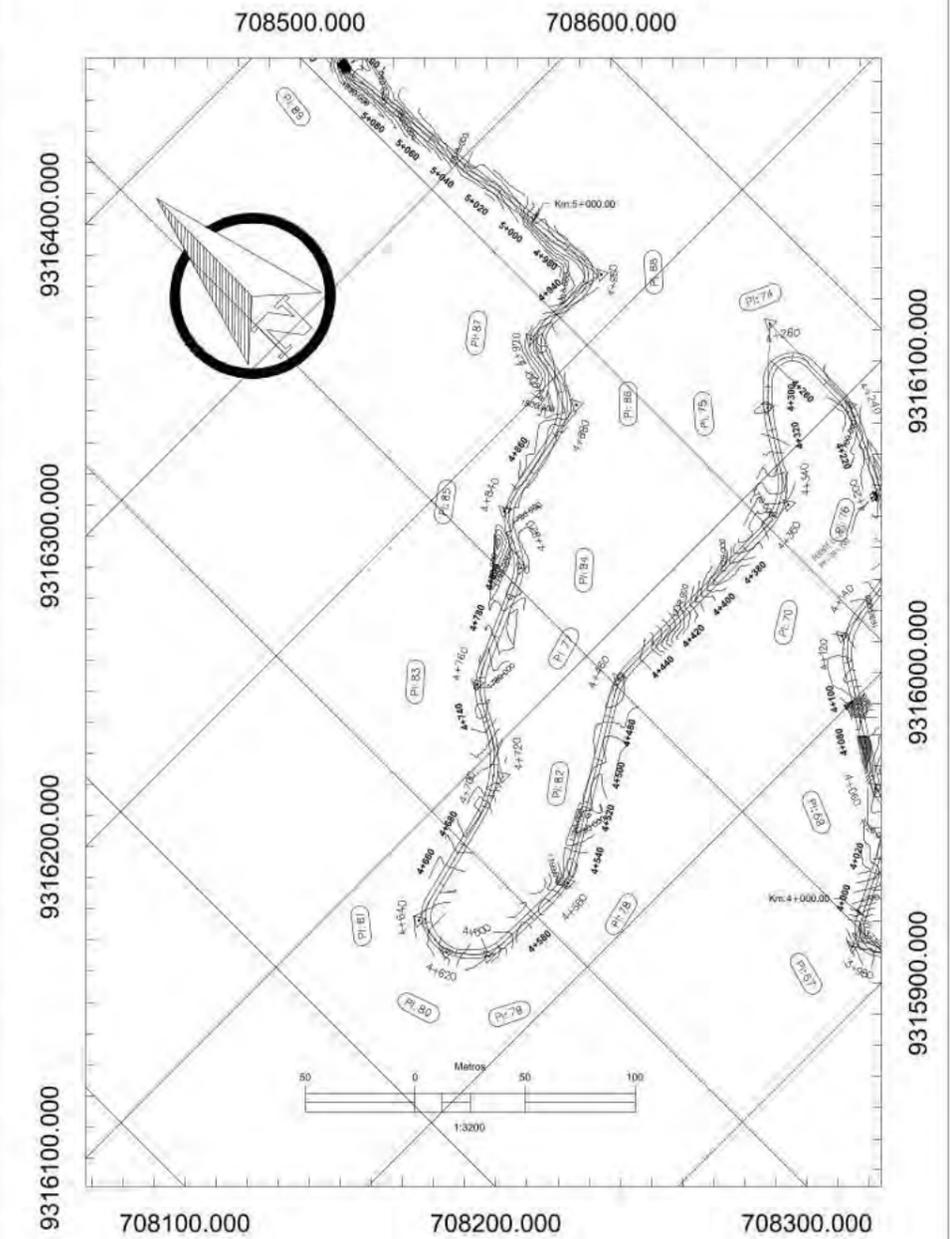
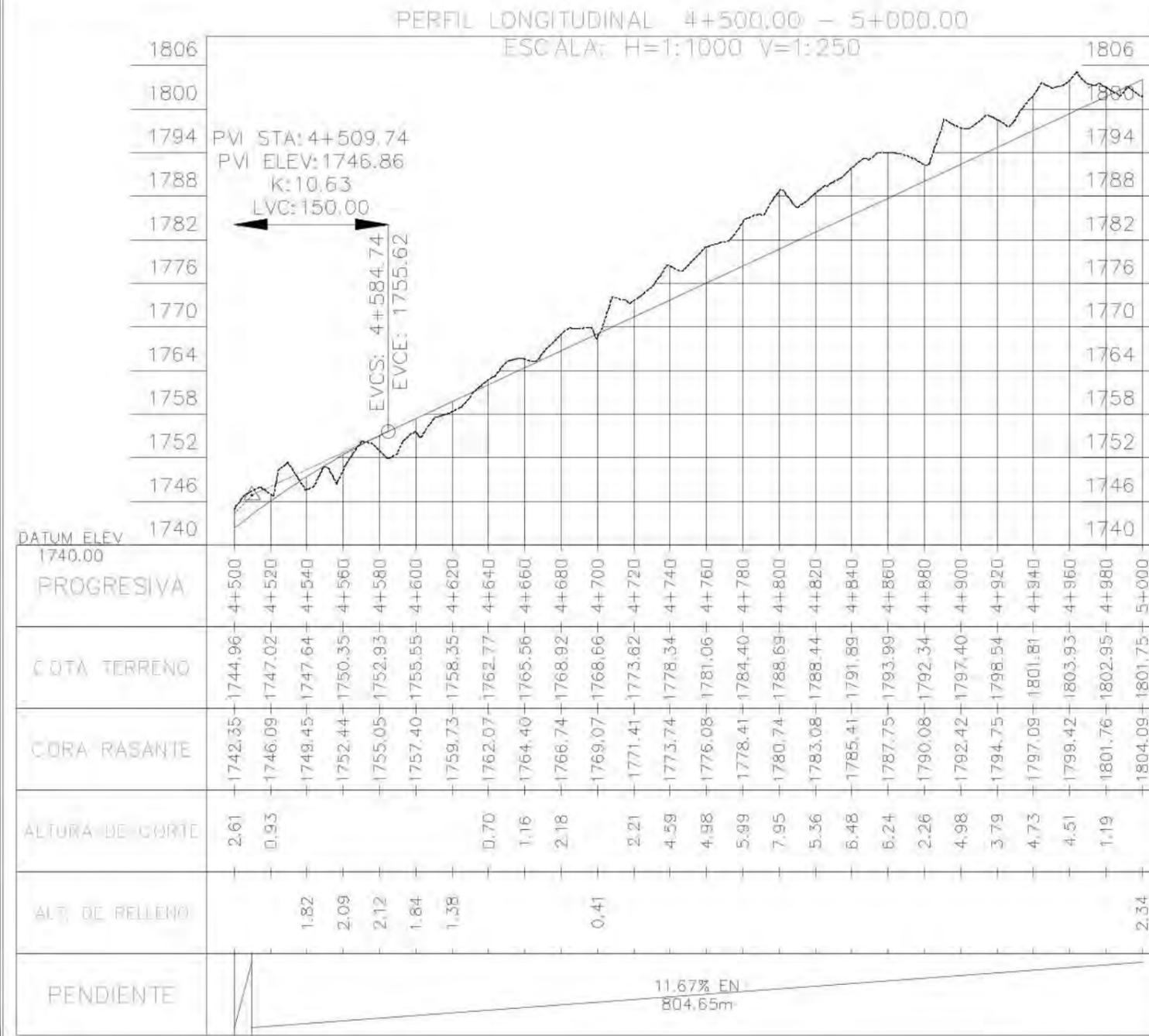
Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

Plano: PERFIL LONGITUDINAL
Ubicación: Km 04+000 - 04+500

Escala: INDICADA
Fecha: ENERO - 2021
PL - 09

Rev. 1
Pag. 09



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
CUTERVO**

Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUENDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

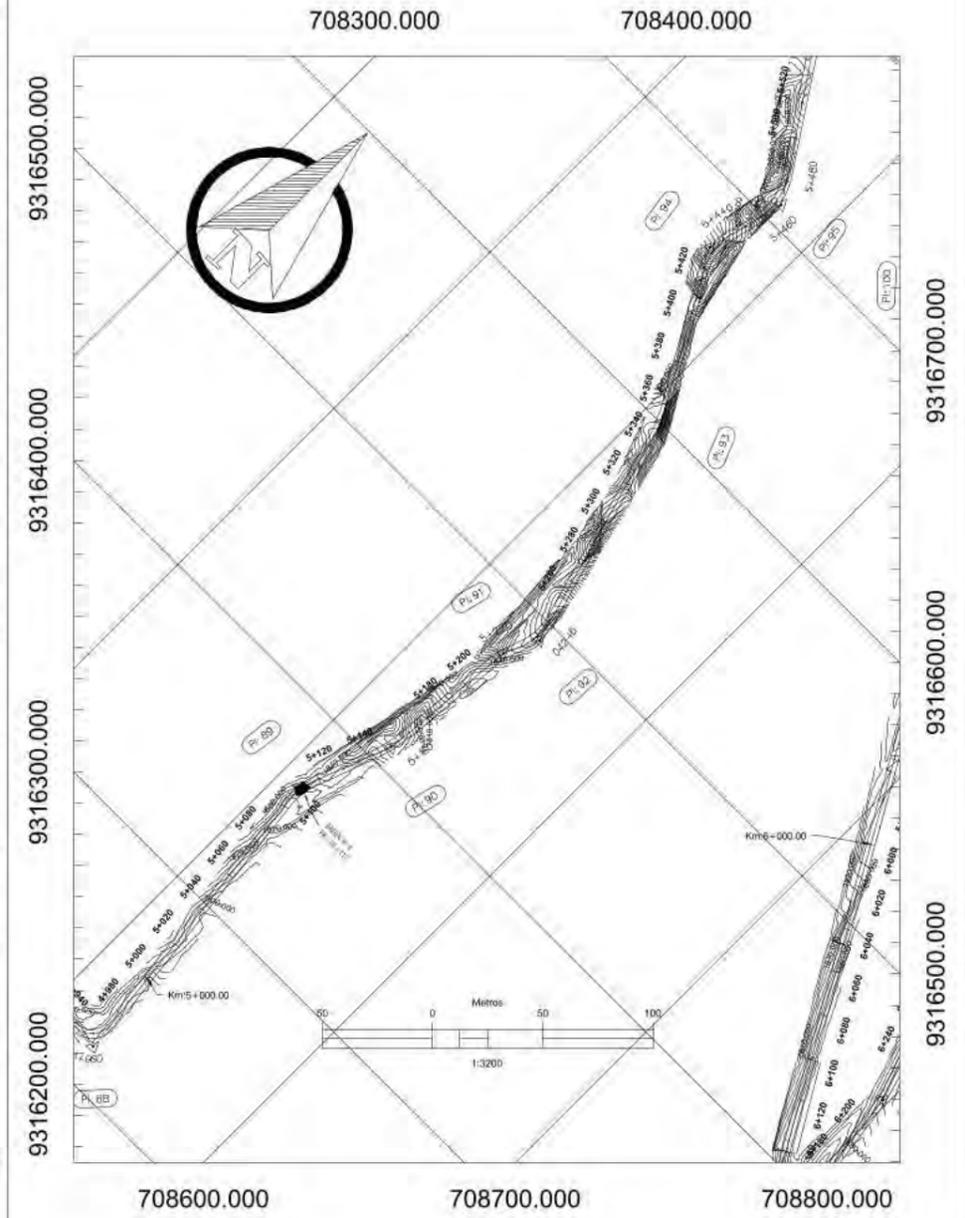
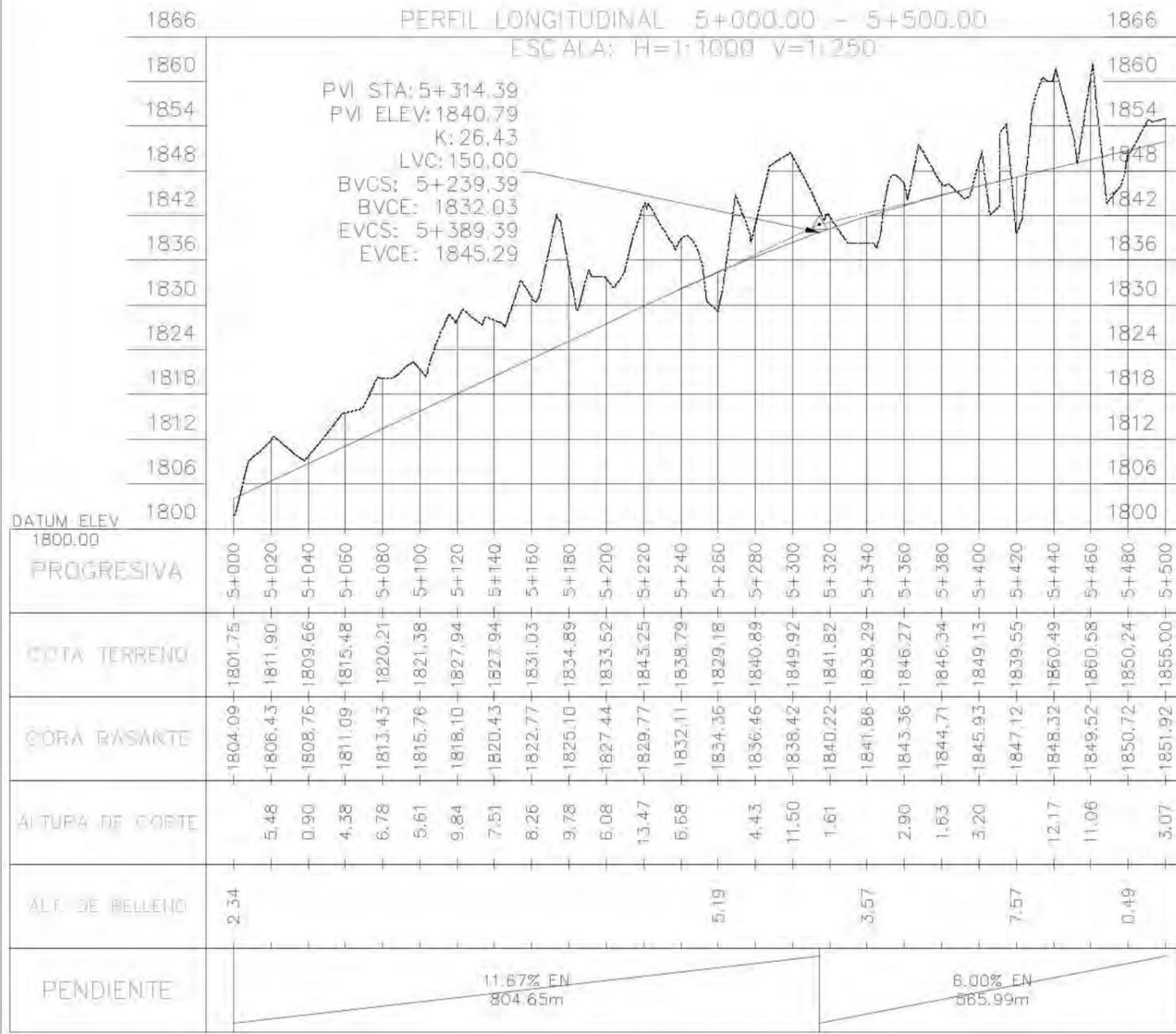
Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

Plano: PERFIL LONGITUDINAL
Ubicación: Km 04+500 - 05+000

Escala: INDICADA
Fecha: ENERO - 2021
PL - 10

Rev. 1
Pag. 10



**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL
CUTERVO**

Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUENDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

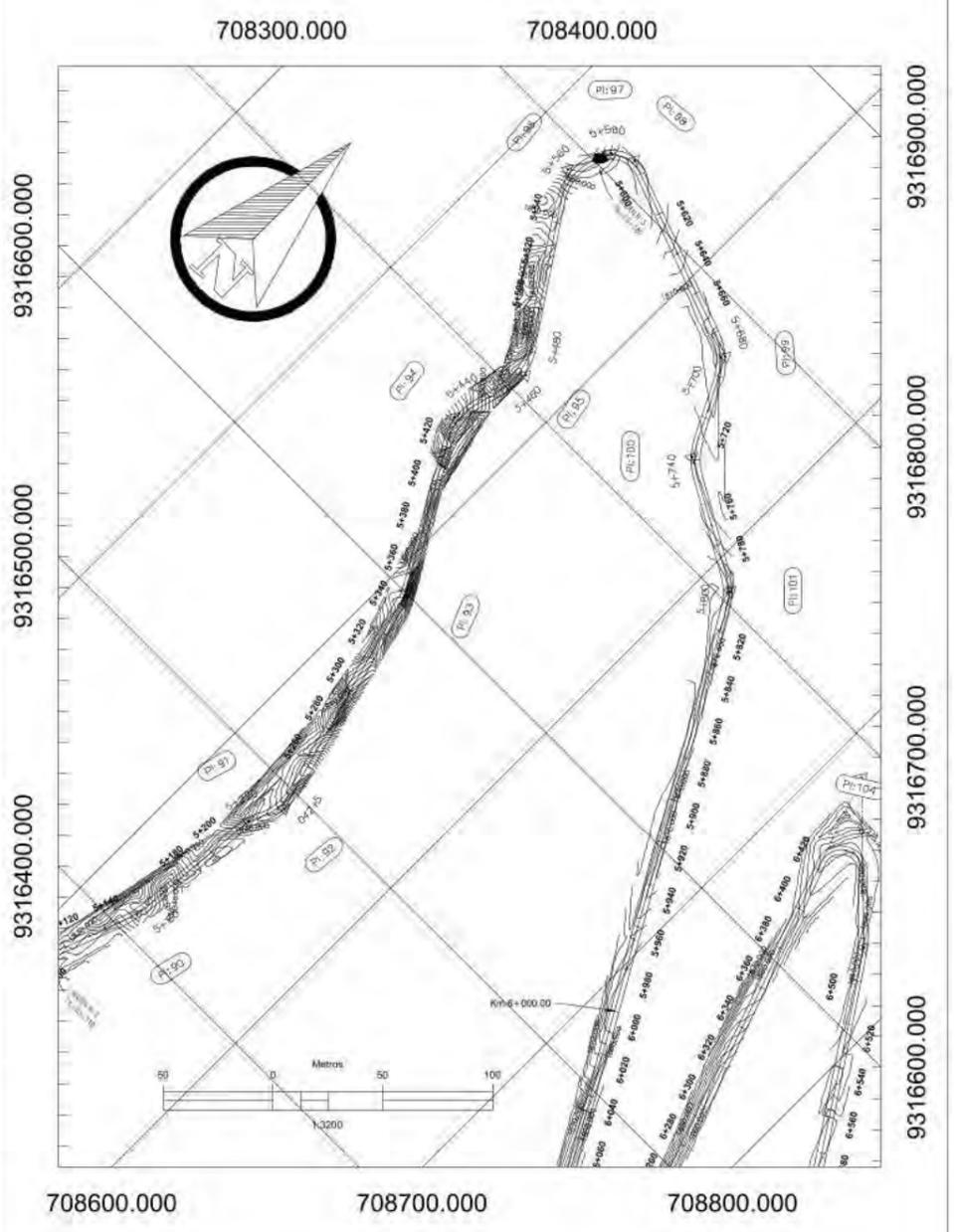
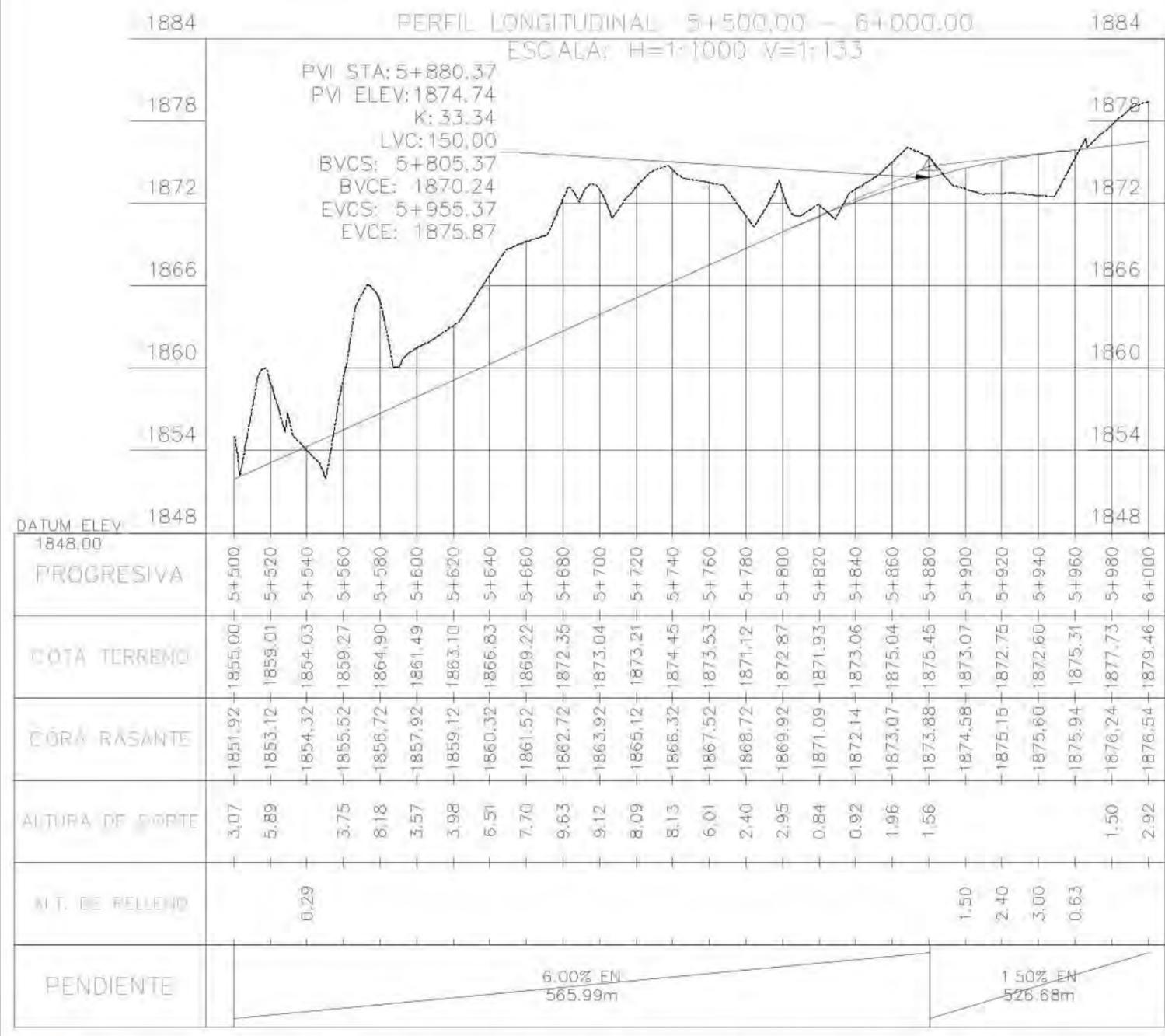
Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

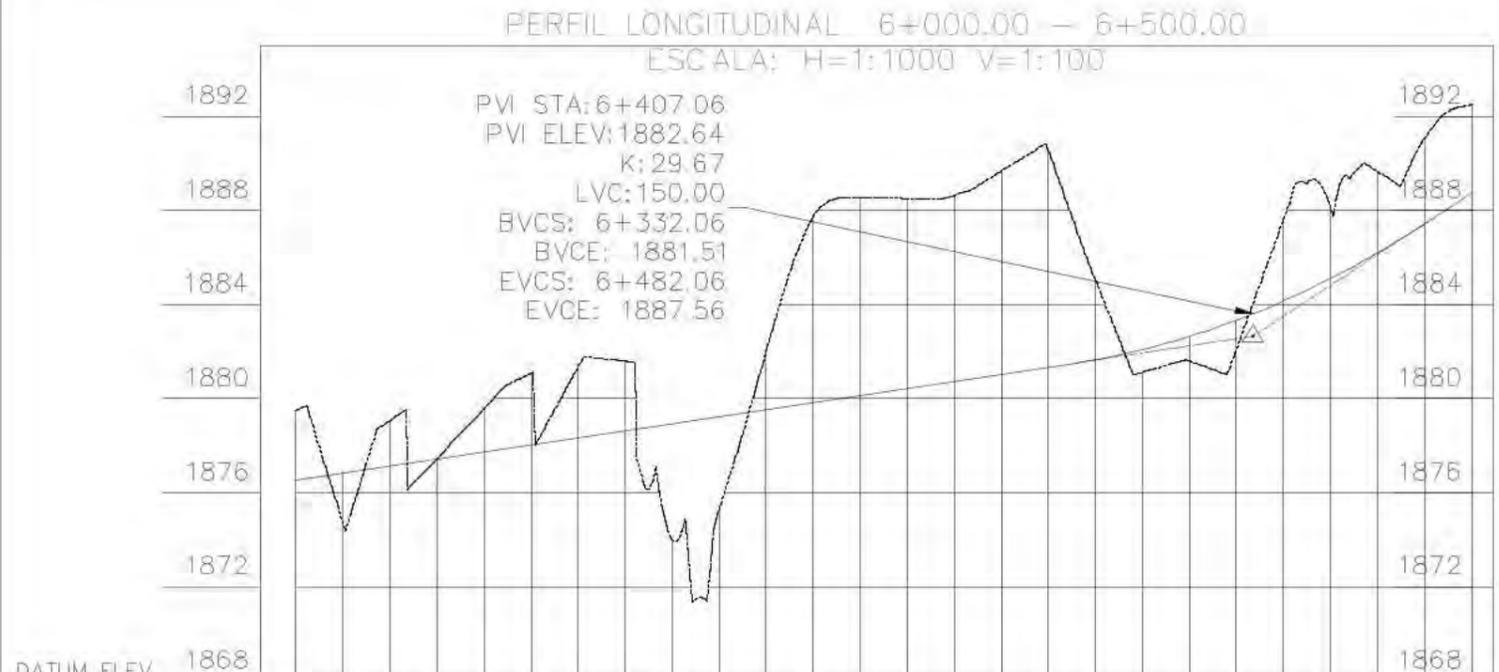
Plano: PERFIL LONGITUDINAL
Ubicación: Km 05+000 - 05+500

Escala: INDICADA
Fecha: ENERO - 2021
PL - 11

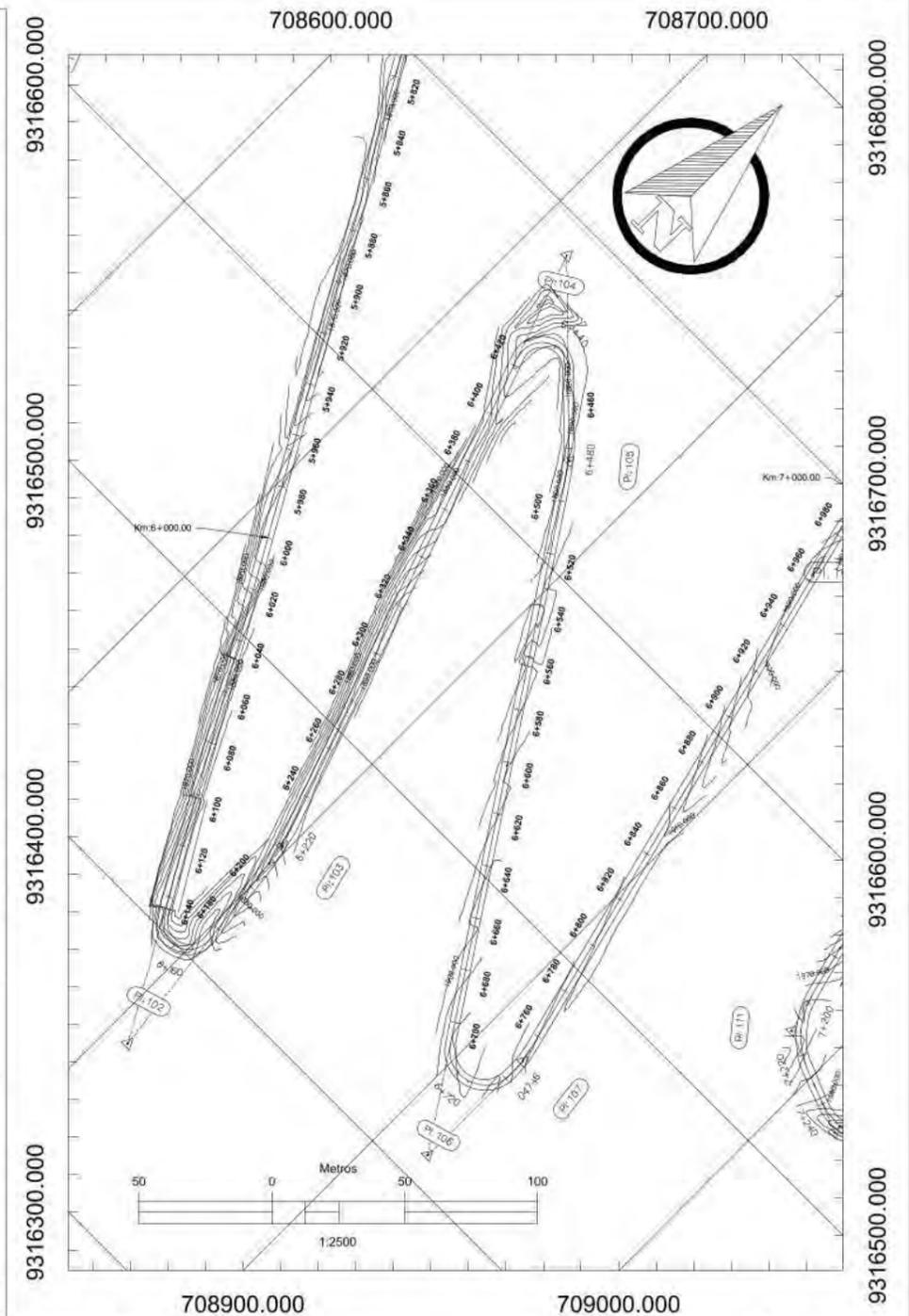
Rev. 1
Pag. 11



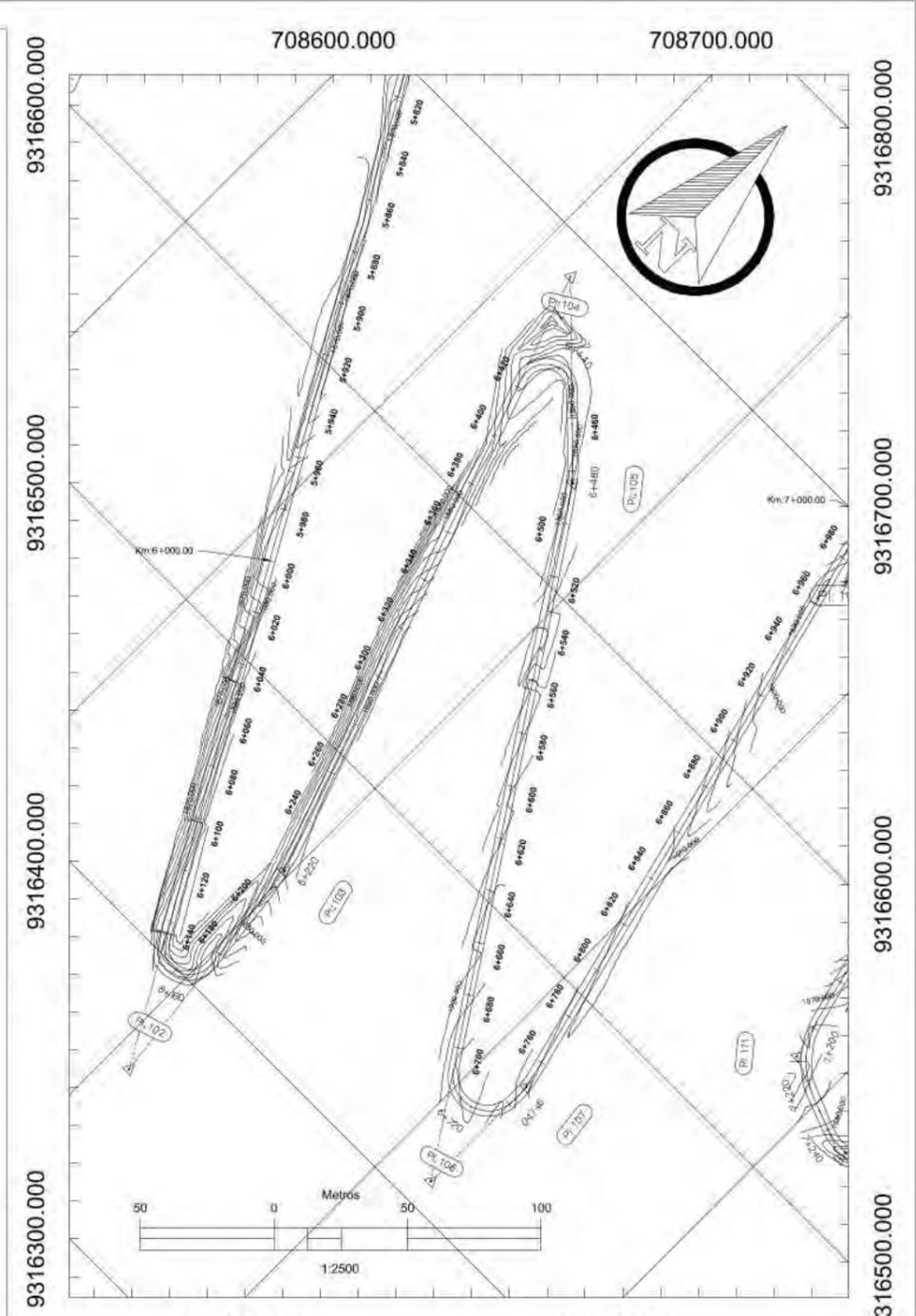
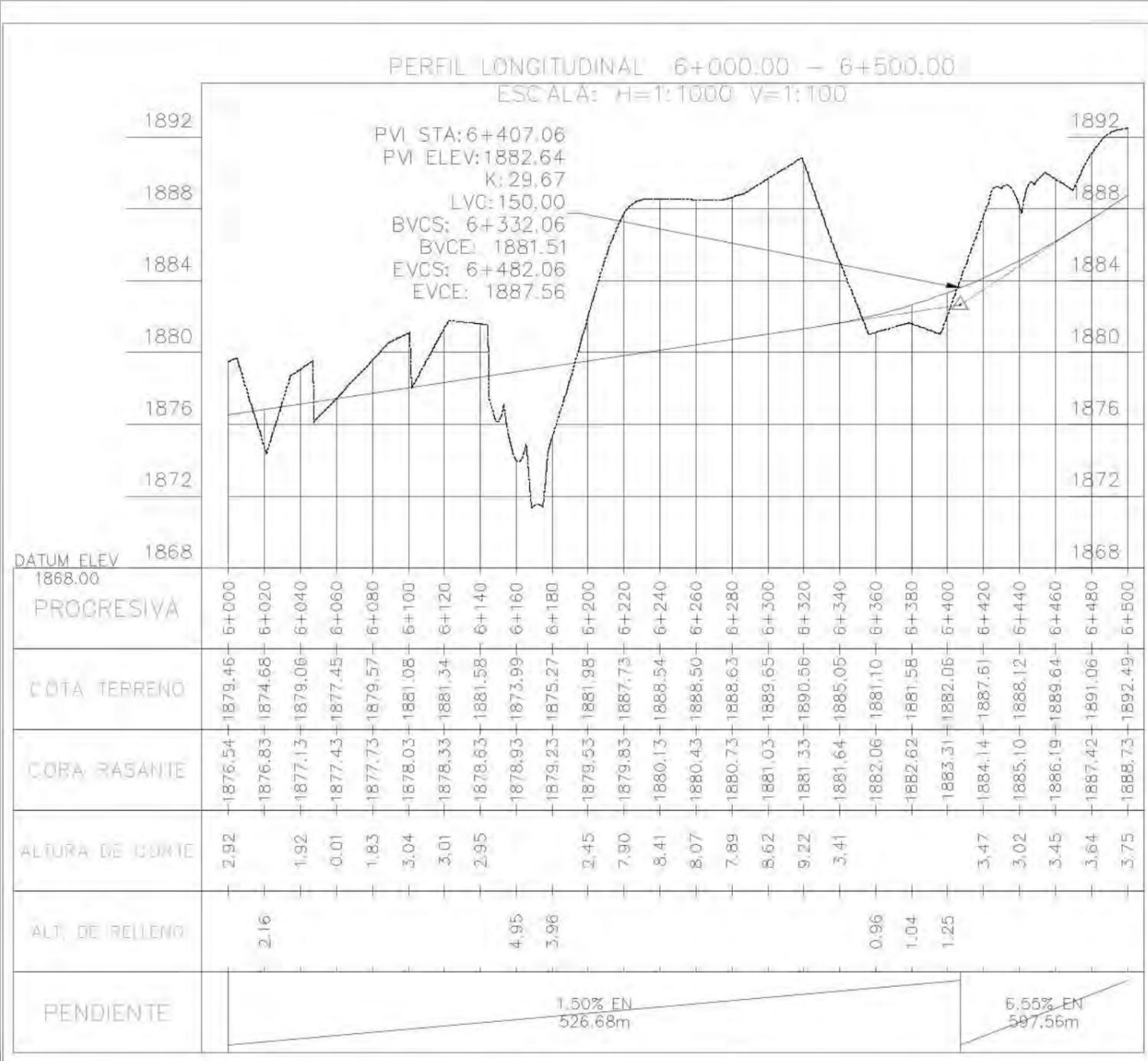
 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CUTERVO	Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUUNDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"	Distrito: QUEROCOTILLO	REVISIONES		Plano: PERFIL LONGITUDINAL	Escala: INDICADA	Rev.: 1
		Provincia: CUTERVO	REV. N°: 	FECHA: 		DESCRIPCION: 	Fecha: ENERO - 2021
		Departamento: CAJAMARCA			Ubicación: Km 05+500 - 06+000	PL - 12	



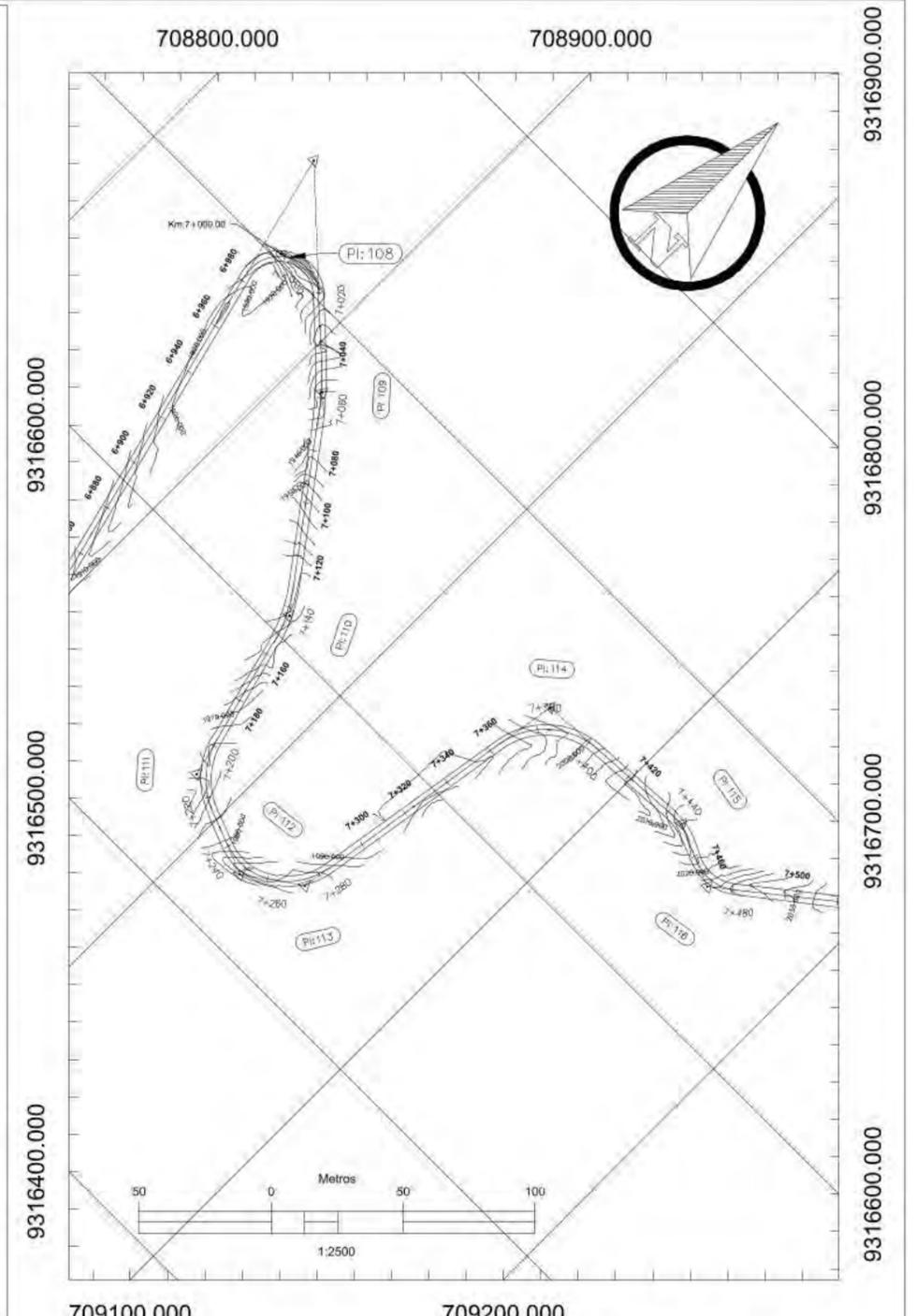
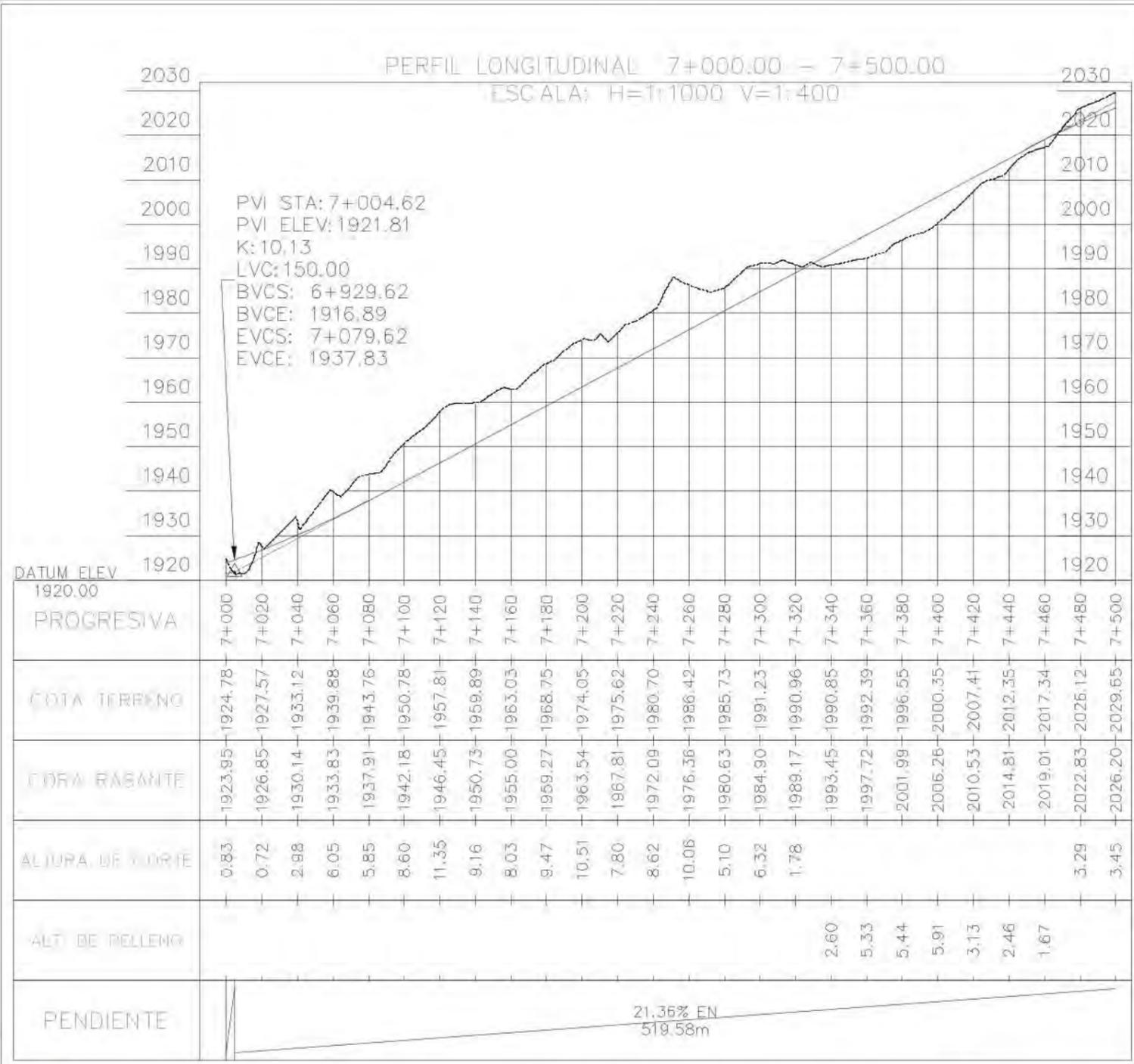
PROGRESIVA	COTA TERRENO	COTA RASANTE	ALTURA DE BORTE	ALT. DE RELLENO	PENDIENTE
6+000	1879.45	1876.54	2.92		
6+020	1874.68	1876.83	1.92	2.16	
6+040	1879.06	1877.13	0.01		
6+060	1877.45	1877.43	1.83		
6+080	1879.57	1877.73	3.04		
6+100	1881.08	1878.03	3.01		
6+120	1881.34	1878.33	2.95		
6+140	1881.58	1878.63		4.95	
6+160	1873.99	1878.93		3.96	
6+180	1875.27	1879.23			
6+200	1881.88	1879.53	2.45		
6+220	1887.73	1879.83	7.90		
6+240	1888.54	1880.13	8.41		
6+260	1888.50	1880.43	8.07		
6+280	1888.63	1880.73	7.89		
6+300	1889.65	1881.03	8.62		
6+320	1890.56	1881.33	9.22		
6+340	1885.05	1881.64	3.41		
6+360	1881.10	1882.06		0.96	1.50% EN 526.68m
6+380	1881.58	1882.62		1.04	
6+400	1882.06	1883.31		1.25	
6+420	1887.51	1884.14	3.47		
6+440	1888.12	1885.10	3.02		
6+460	1889.64	1886.19	3.45		
6+480	1891.06	1887.42	3.64		
6+500	1892.49	1888.73	3.75		6.55% EN 597.56m



 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CUTERVO	Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUUNDO – BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO – PROVINCIA DE CUTERVO – DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"	Distrito:	QUEROCOTILLO	REVISIONES		Plano: PERFIL LONGITUDINAL Ubicación: Km 06+000 - 06+500	Escala: INDICADA	Rev. 1
		Provincia:	CUTERVO	REV. N°:	FECHA:		DESCRIPCIÓN:	Fecha: ENERO - 2021
		Departamento:	CAJAMARCA				PL - 13	



 MUNICIPALIDAD PROVINCIAL CUTERVO	Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"	Distrito: QUEROCOTILLO	REVISIONES		Plano: PERFIL LONGITUDINAL Ubicación: Km 06+000 - 06+500	Escala: INDICADA Fecha: ENERO - 2021	Rev. 1
		Provincia: CUTERVO Departamento: CAJAMARCA	REV. N°: FECHA: DESCRIPCIÓN:	PL - 13		Pag. 13	



Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUENDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"
Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

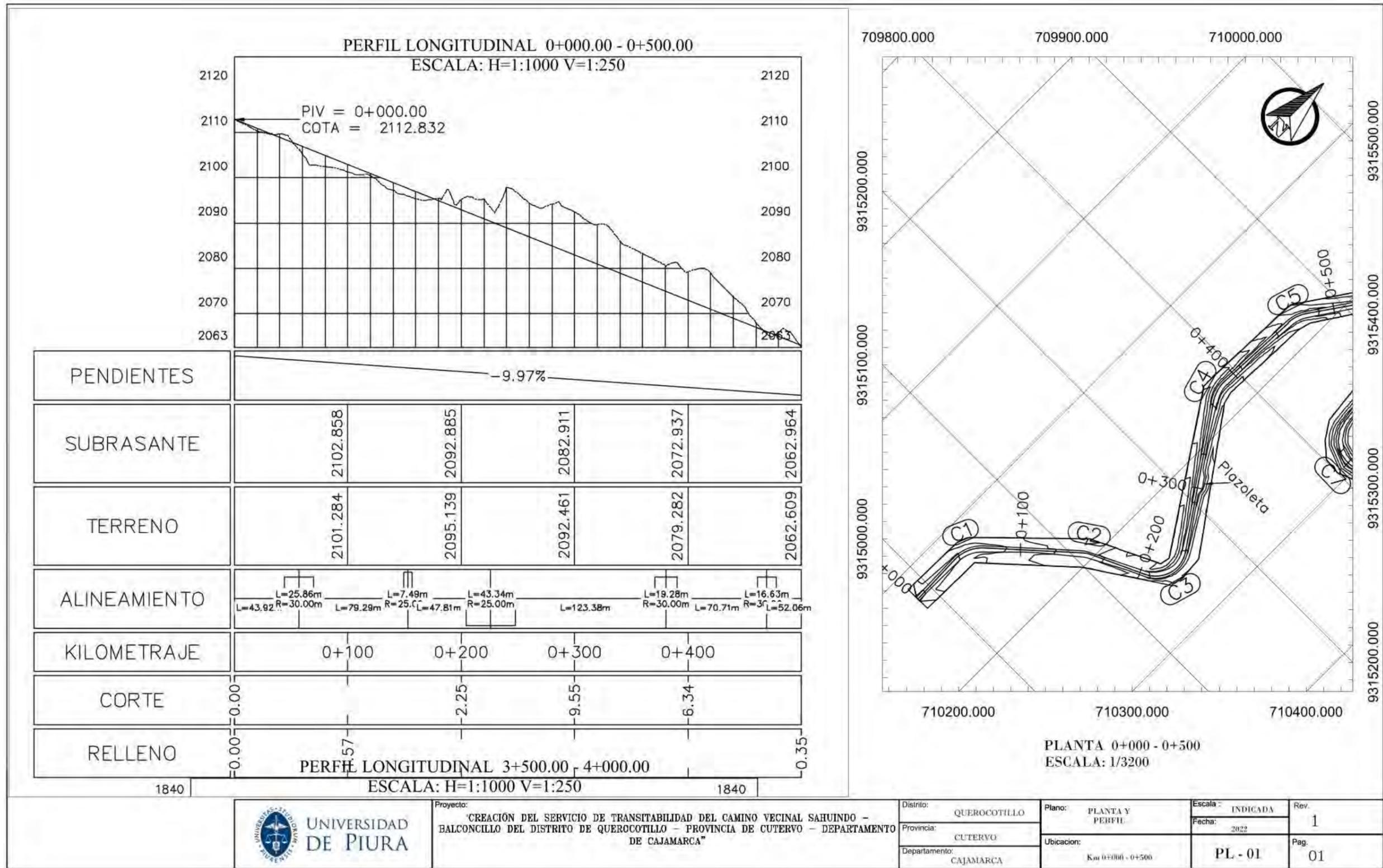
REVISIONES		
REV. N°	FECHA	DESCRIPCION

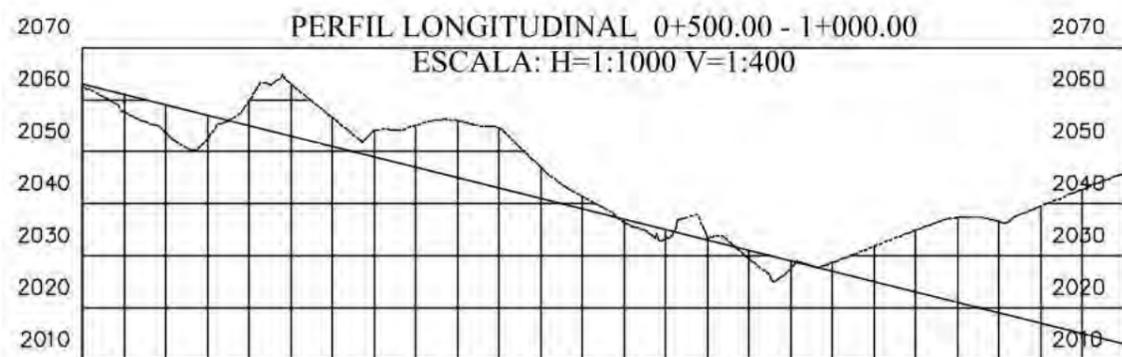
Plano: PERFIL LONGITUDINAL
Ubicación: Km 07+000 - 07+500

Escala: INDICADA
Fecha: ENERO - 2021
PL - 15

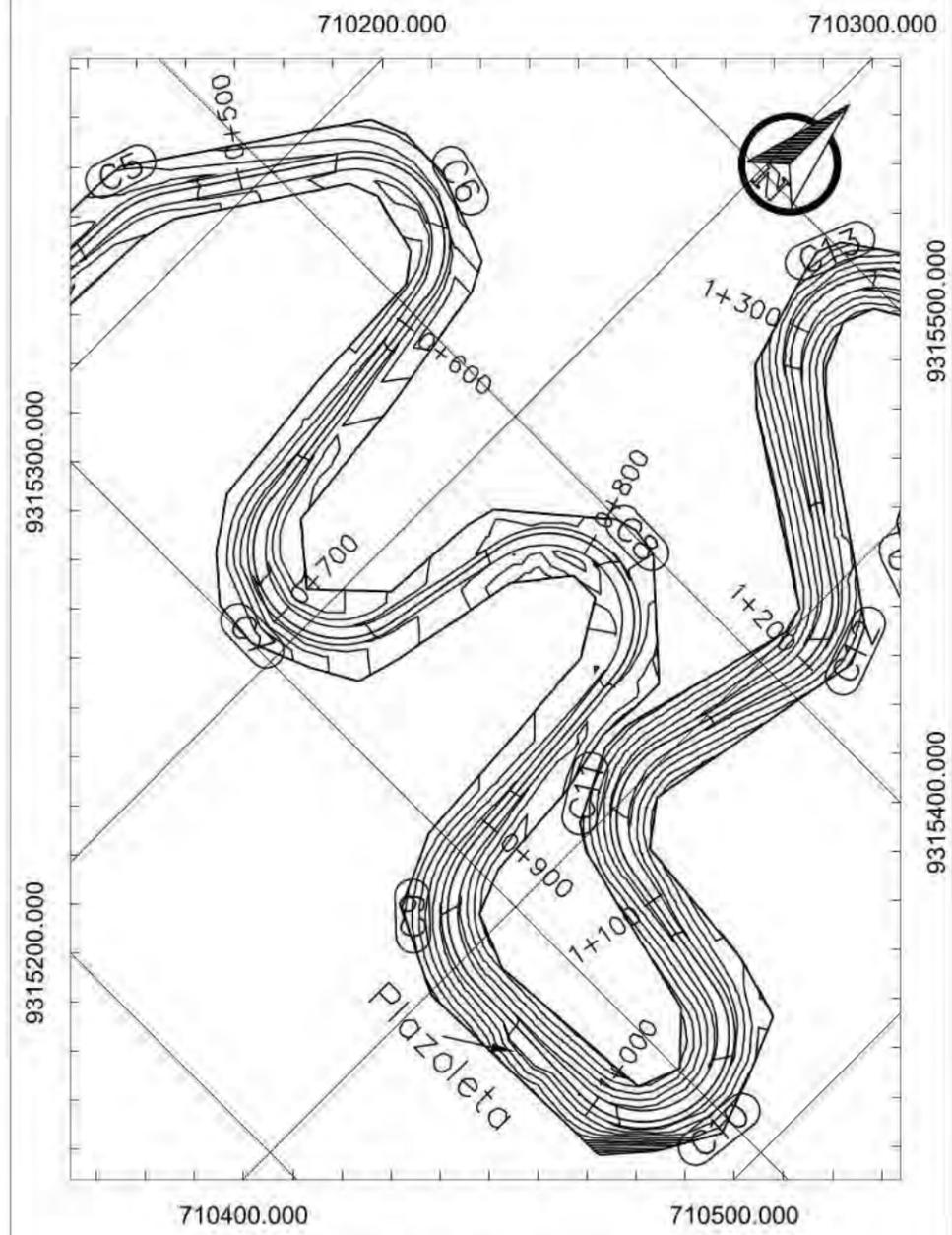
Rev.: 1
Pag.: 15

Planos B. Planos de la geometría recomendada





PENDIENTES	-9.97%				
SUBRASANTE	2052.990	2043.016	2033.042	2023.069	2013.095
TERRENO	2063.029	2054.692	2033.536	2034.952	2045.741
ALINEAMIENTO					
KILOMETRAJE	0+600	0+700	0+800	0+900	
CORTE	10.04	11.68	0.49	11.88	32.65
RELLENO	0.35				



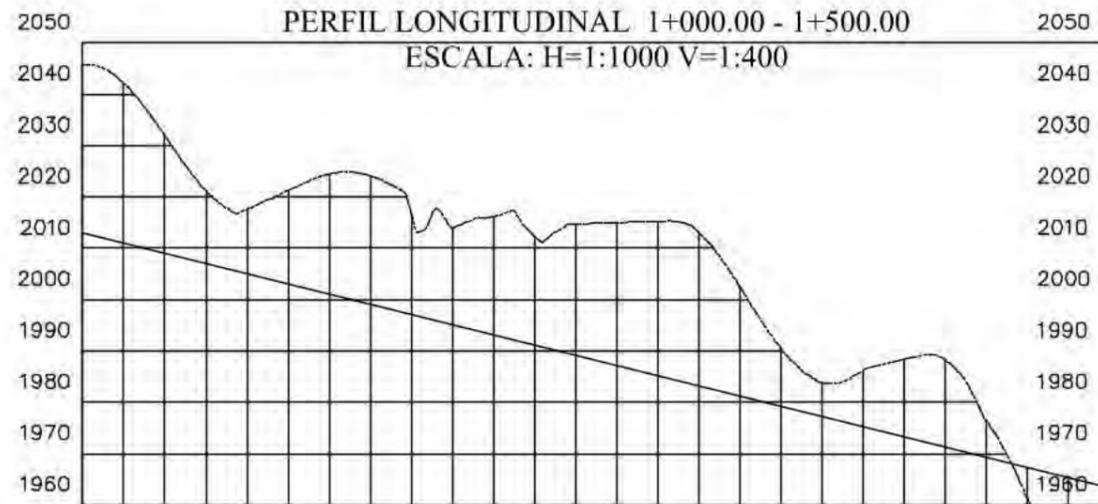
PLANTA 0+500 - 1+000
 ESCALA: 1/2000



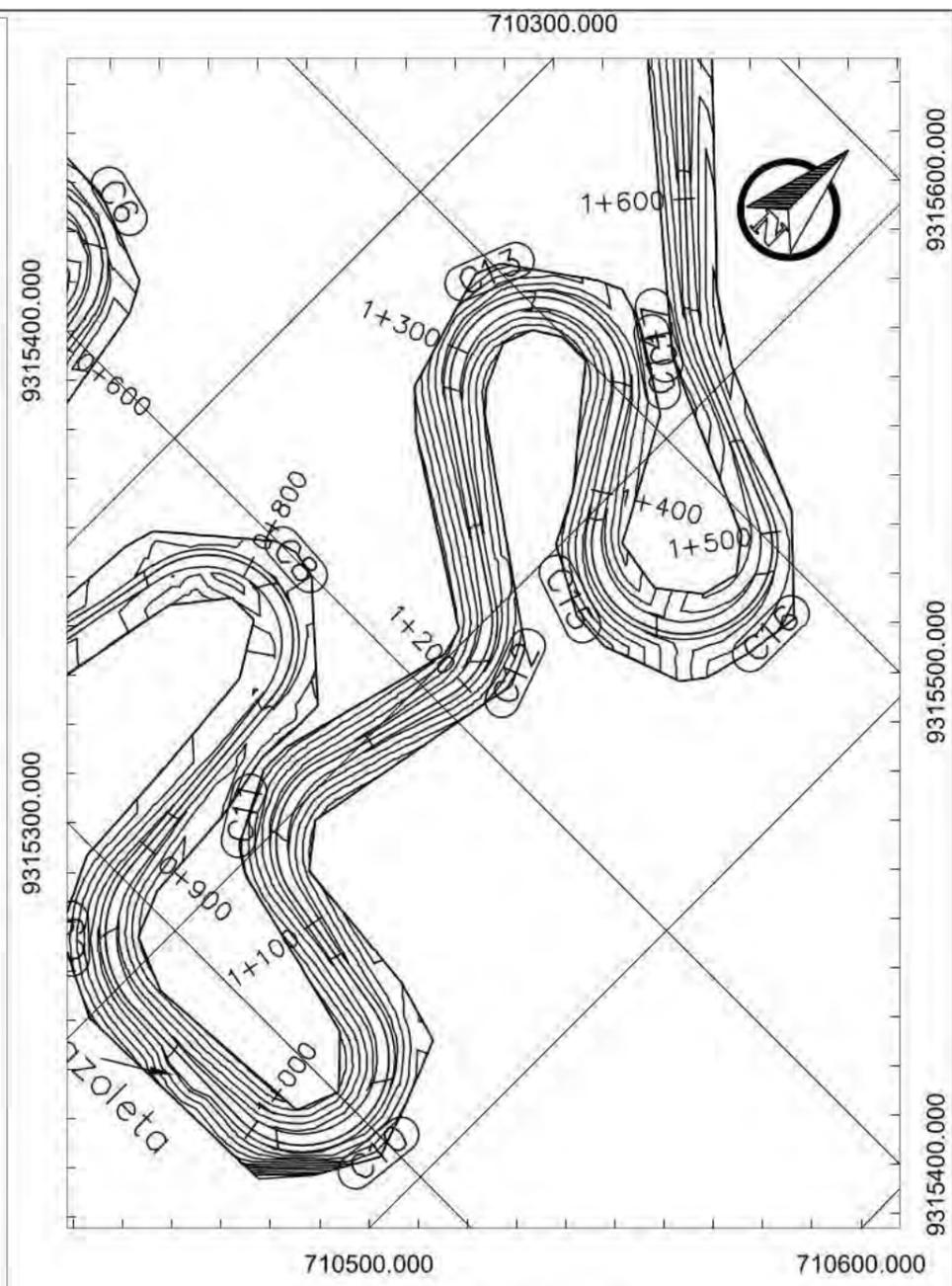
UNIVERSIDAD DE PIURA

Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

Distrito:	QUEROCOTILLO	Plano:	PLANTA Y PERFIL	Escala:	INDICADA	Rev.	1
Provincia:	CUTERVO	Ubicación:	Km 0+500 - 1+000	Fecha:	2022	Pag.	02
Departamento:	CAJAMARCA				PL - 02		



PENDIENTES	-9.97%							
SUBRASANTE	2003.121	1993.148	1983.174	1973.200	1963.227			
TERRENO	2021.228	2016.147	2013.136	1988.338	1946.019			
ALINEAMIENTO	L=75.08m R=25.00m	L=42.01m R=25.00m	L=31.33m R=25.00m	L=59.90m	L=67.75m R=25.00m	L=21.40m R=25.00m	L=35.20m R=25.00m	L=58.97m R=25.00m
KILOMETRAJE	1+100	1+200	1+300	1+400				
CORTE	32.65	-18.11	23.00	29.96	-15.14			
RELLENO							17.21	

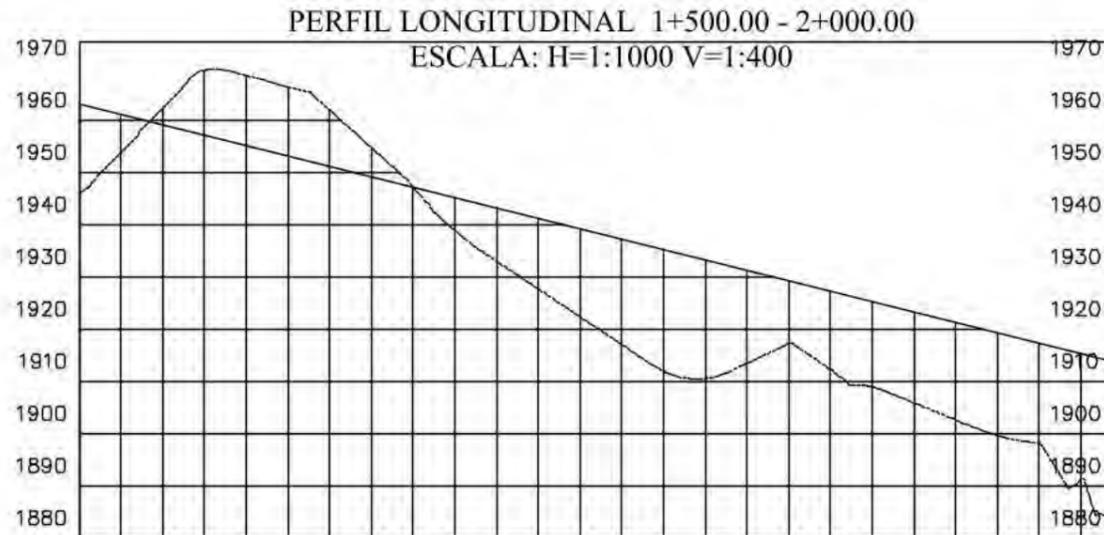


PLANTA 1+000 - 1+500
ESCALA: 1/2000

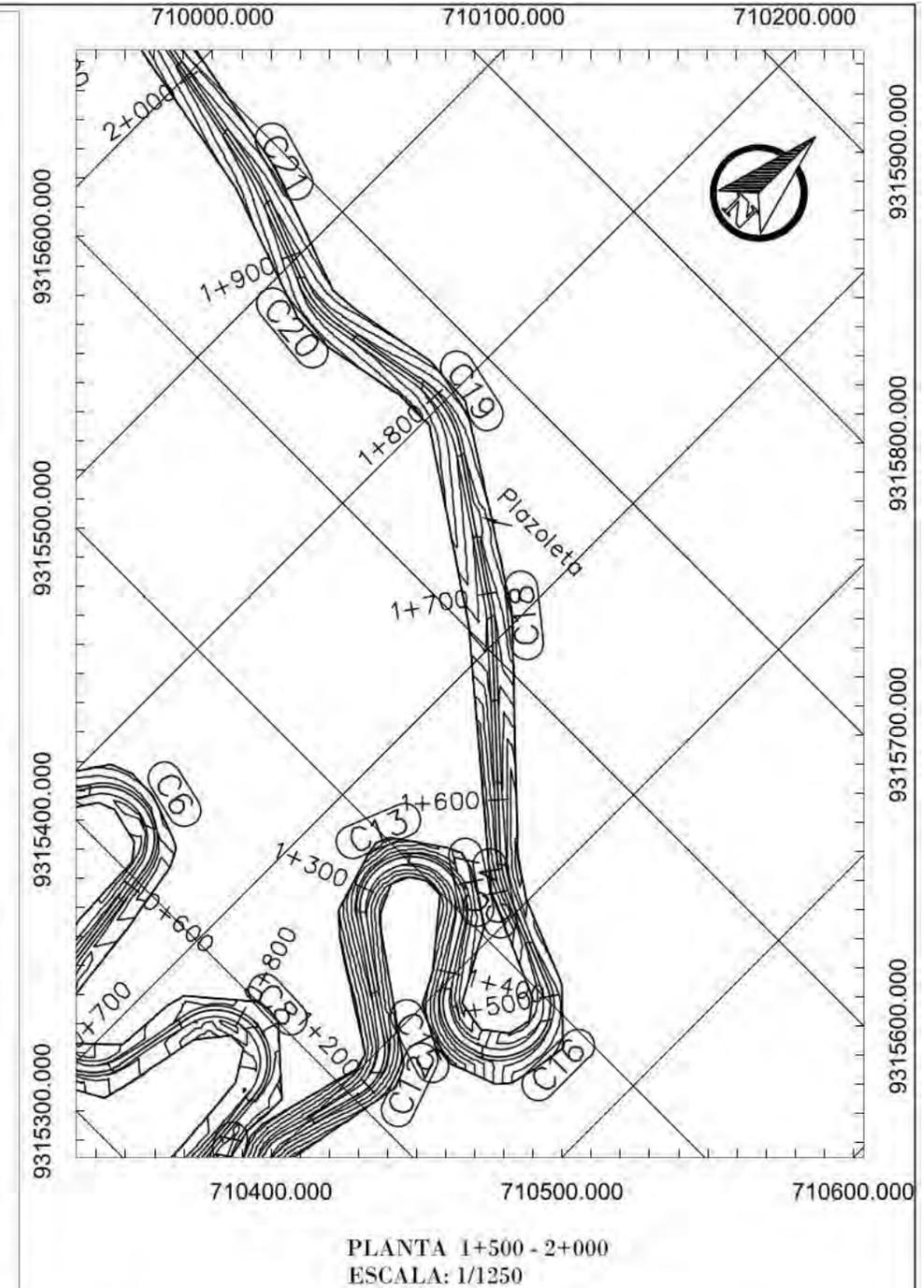


Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA"

Distrito: QUEROCOTILLO	Plano: PLANTA Y PERFIL	Escala: INDICADA	Rev. 1
Provincia: CUTERVO	Ubicación: Km. 1+000 - 1+500	Fecha: 2022	Pag. 03
Departamento: CAJAMARCA		PL - 03	



PENDIENTES	-9.97%							
SUBRASANTE	1966.521	1933.136	1910.670	1906.012	1886.542			
TERRENO	1966.521	1933.136	1910.670	1906.012	1886.542			
ALINEAMIENTO	L=58.97m R=25.00m	L=22.74m R=65.00m	L=106.45m	L=13.39m R=90.00m	L=38.90m R=50.00m	L=27.48m R=50.00m	L=43.55m R=135.00m	L=25.16m R=87.80m
KILOMETRAJE	1+600	1+700	1+800	1+900				
CORTE	13.27							
RELLENO	17.21	10.14	22.64	17.32	26.82			



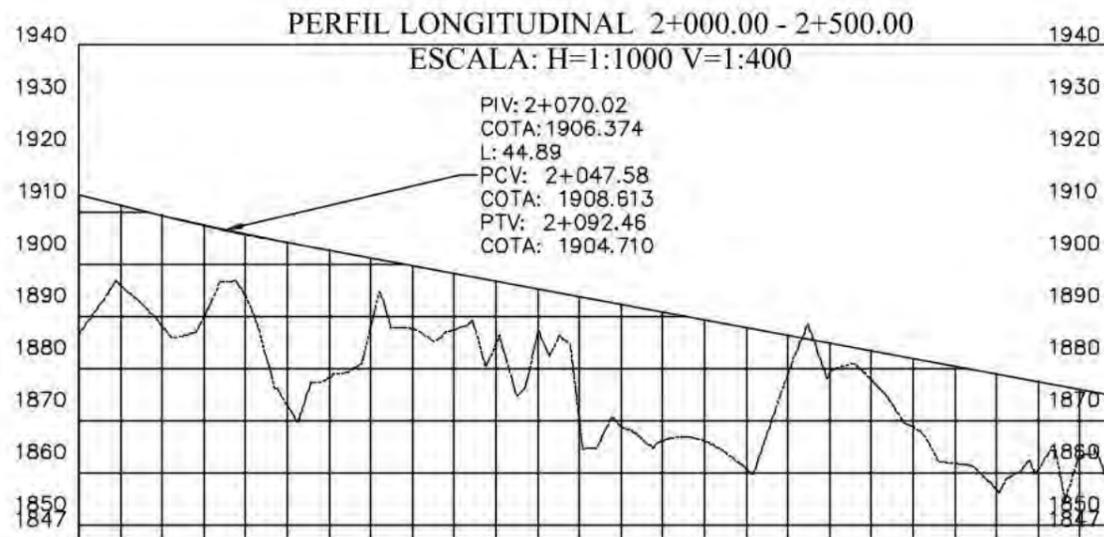
Proyecto: **CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

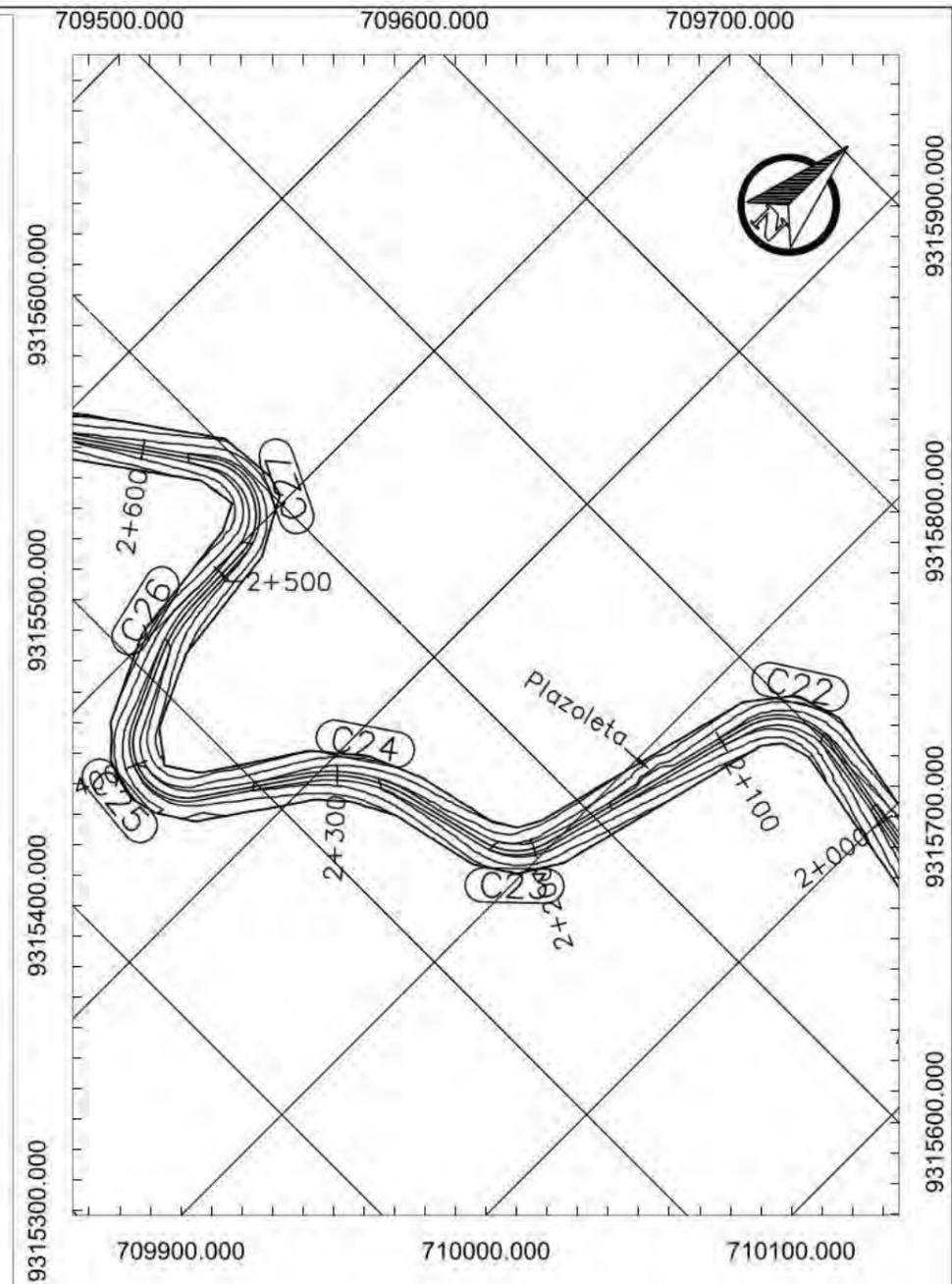
Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicación: Km 1+500 - 2+000

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
PL - 04

Rev. 1
Pag. 04



PENDIENTES	-9.97%		-7.42%					
SUBRASANTE	1872.952	1884.584	1866.055	1868.740	1847.567			
TERRENO	1872.952	1884.584	1866.055	1868.740	1847.567			
ALINEAMIENTO	L=44.89m R=30.00m		L=105.89m	L=32.41m R=30.00m	L=52.79m R=72.00m	L=52.52m R=25.00m	L=27.68m R=70.00m	L=33.55m
KILOMETRAJE	2+100	2+200	2+300	2+400				
CORTE								
RELLENO	26.82	31.20	12.15	23.26	13.16		26.92	



PLANTA 2+000 - 2+500
ESCALA: 1/2500



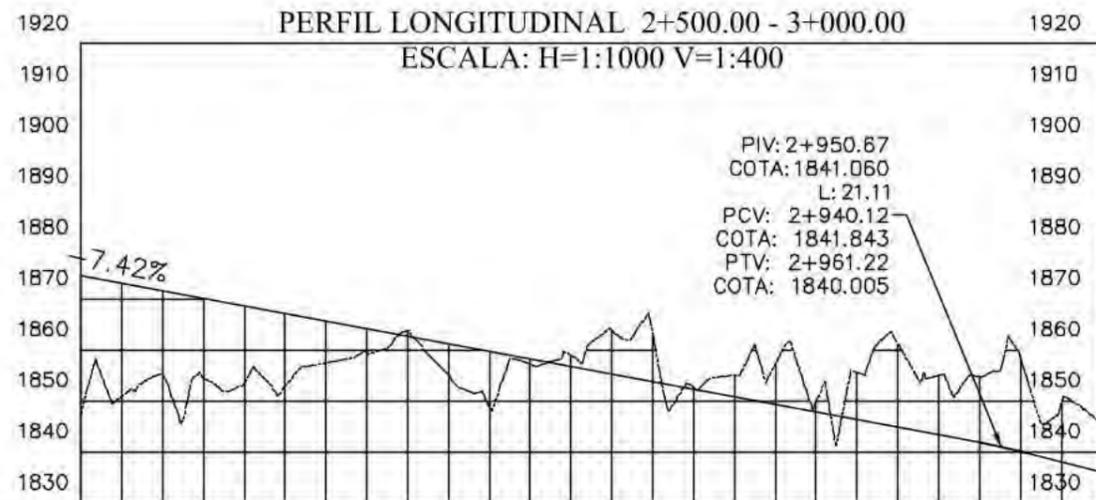
Proyecto: **CREACION DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA***

Distrito: **QUEROCOTILLO**
 Provincia: **CUTERVO**
 Departamento: **CAJAMARCA**

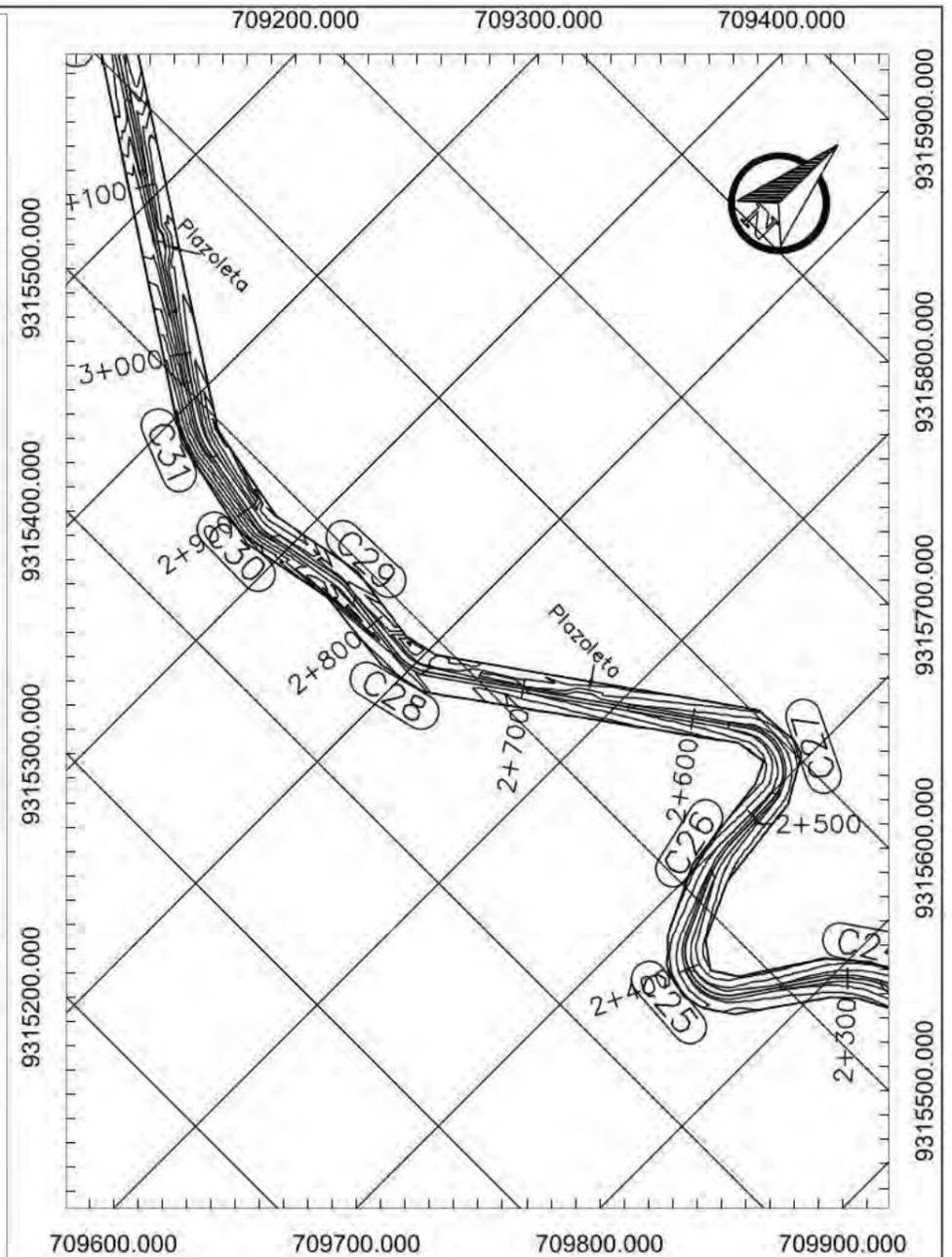
Plano: **PLANTA Y PERFIL**
 Ubicacion: **Km 1+500 - 2+000**

Escala: **INDICADA**
 Fecha: **2022**
PL - 05

Rev. **1**
 Pag. **05**



PENDIENTES	-7.42%					-10.00%
SUBRASANTE	1852.834	1848.813	1852.640	1861.220	1845.642	
TERRENO	1852.834	1848.813	1852.640	1861.220	1845.642	
ALINEAMIENTO	L=53.56m R=33.56m		L=187.97m		L=21.97m R=30.00	L=9.47m R=30.00
KILOMETRAJE	2+600	2+700	2+800	2+900		
CORTE			0.41	16.40		9.51
RELLENO	26.92	14.23	10.84			



PLANTA 2+500 - 3+000
 ESCALA: 1/4000



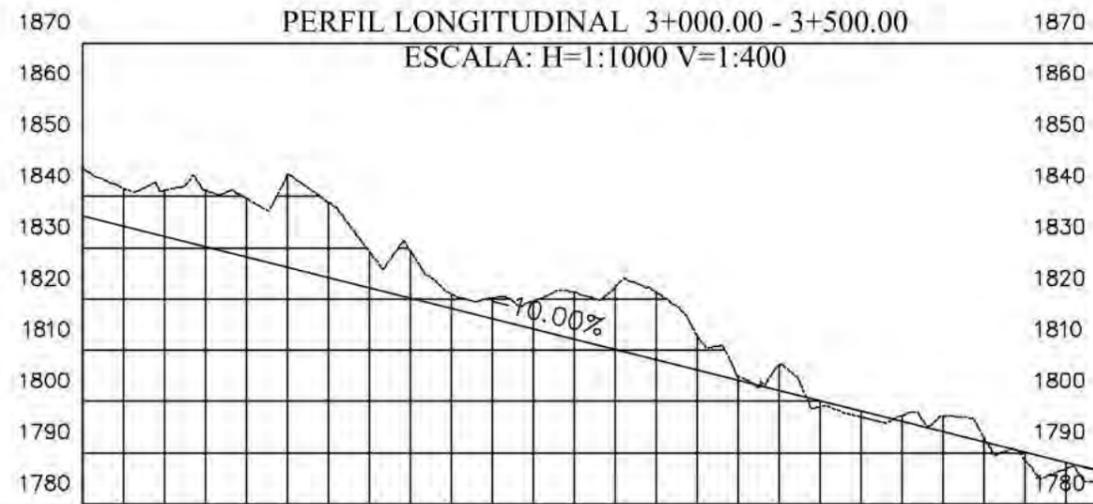
Proyecto: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*

Distrito: QUEROCOTILLO
 Provincia: CUTERVO
 Departamento: CAJAMARCA

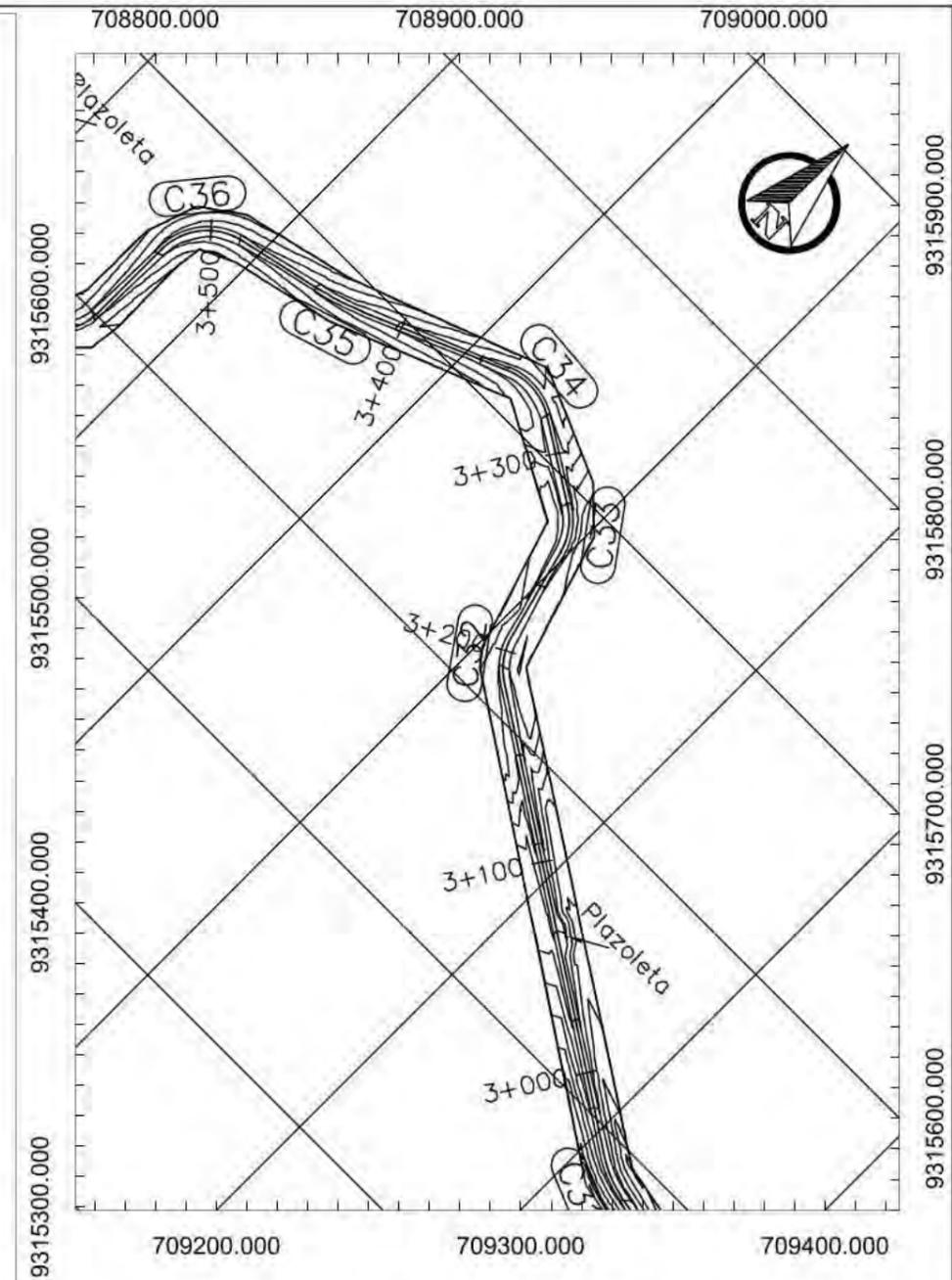
Plano: PLANTA Y PERFIL
 Ubicación: Km 2+500 - 3+000

Escala: INDICADA
 Fecha: 2022
 PL - 06

Rev. 1
 Pag. 06



PENDIENTES	-10.00%				
SUBRASANTE	1844.149	1820.252	1812.806	1797.201	1784.565
TERRENO	1844.149	1820.252	1812.806	1797.201	1784.565
ALINEAMIENTO					
KILOMETRAJE	3+100	3+200	3+300	3+400	
CORTE	9.51	18.02	4.12	6.68	1.07
RELLENO					1.68



PLANTA 3+000 - 3+500
ESCALA: 1/3200



Proyecto: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

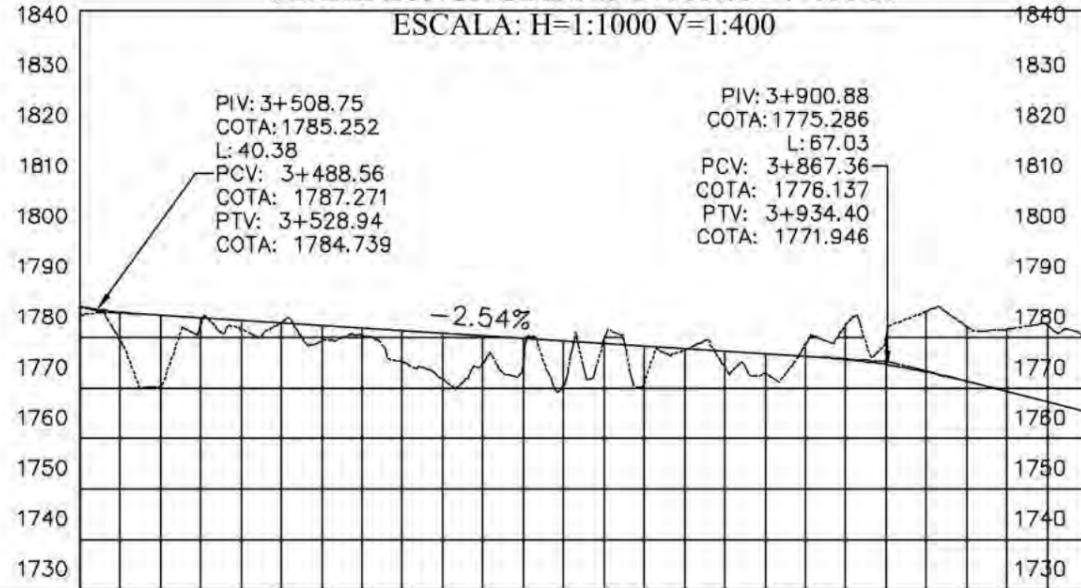
Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicación: Km 3+000 - 3+500

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
PL - 07

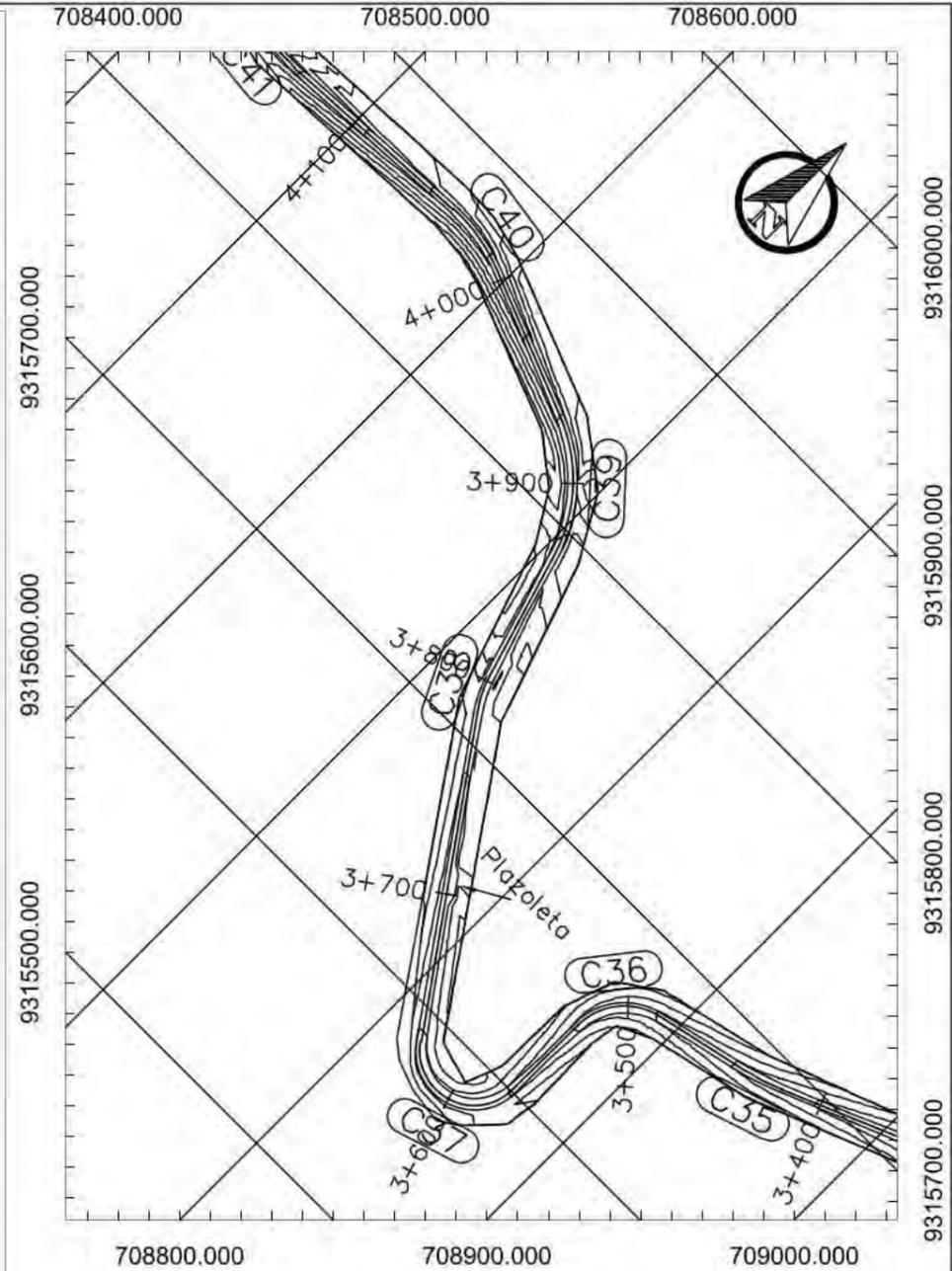
Rev: 1
Pag: 07

PERFIL LONGITUDINAL 3+500.00 - 4+000.00

ESCALA: H=1:1000 V=1:400



PENDIENTES	-2.54%					-9.97%				
SUBRASANTE	1782.933	1780.391	1777.850	1774.718	1765.408					
TERRENO	1783.117	1774.965	1777.522	1779.764	1779.534					
ALINEAMIENTO	L=40.38m R=30.00m	L=63.01m R=25.00m	L=154.77m	L=16.32m R=51.00m	L=63.00m	L=67.03m R=75.00m	L=72.39m			
KILOMETRAJE	3+600	3+700	3+800	3+900						
CORTE	0.18			5.05	14.13					
RELLENO	1.68	5.43	0.33							



PLANTA 3+500 - 4+000
ESCALA: 1/3200



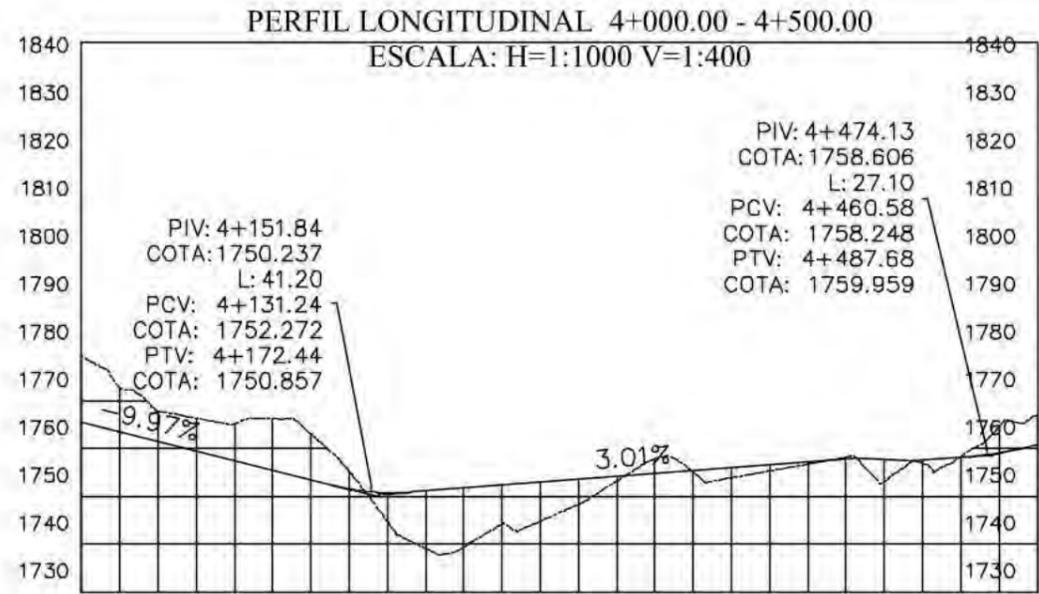
Proyecto: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

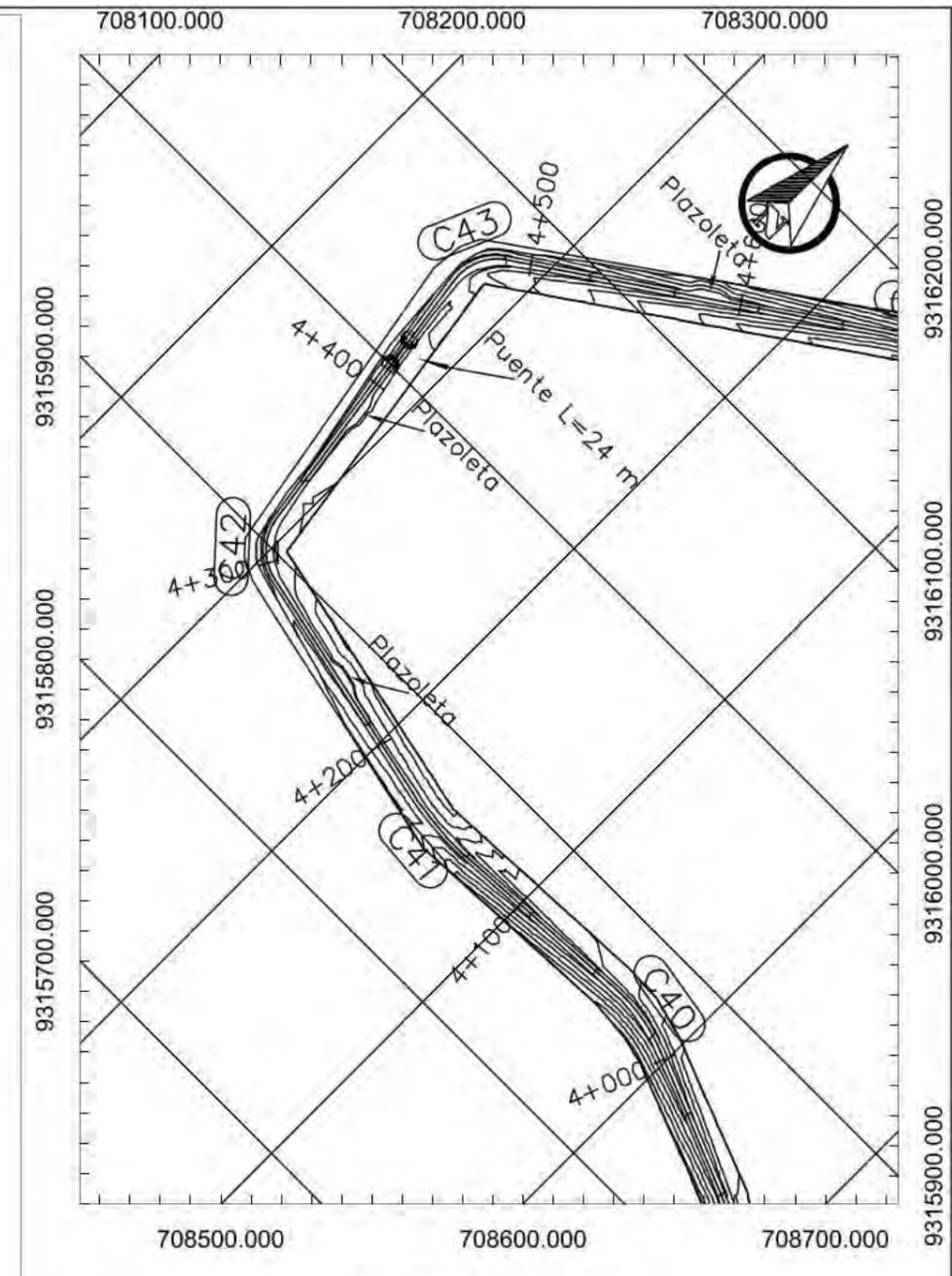
Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicación: Km 3+500 - 4+000

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
PL - 08

Rev. 1
Pag. 08



PENDIENTES	-9.97%					3.01%					-1.00%					51%					43%														
SUBRASANTE	1755.442					1751.676					1754.689					1757.702					1760.848														
TERRENO	1766.319					1739.445					1757.844					1758.210					1767.006														
ALINEAMIENTO	L=35.25m R=80.00m					L=92.02m					L=40.96m R=150.00m					L=119.43m					L=30.30m R=25.00m					L=138.25m					L=27.99m R=179.19m				
KILOMETRAJE	4+100					4+200					4+300					4+400																			
CORTE	14.13					10.88					3.15					0.51					6.16														
RELLENO						12.23																													



PLANTA 4+000 - 4+500
ESCALA: 1/3200



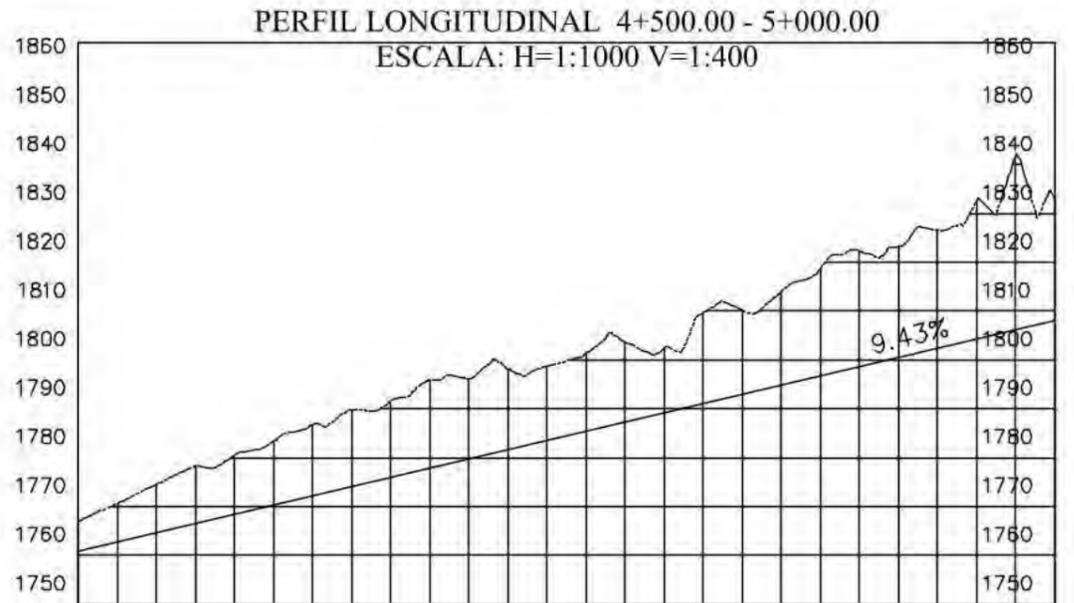
Proyecto: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

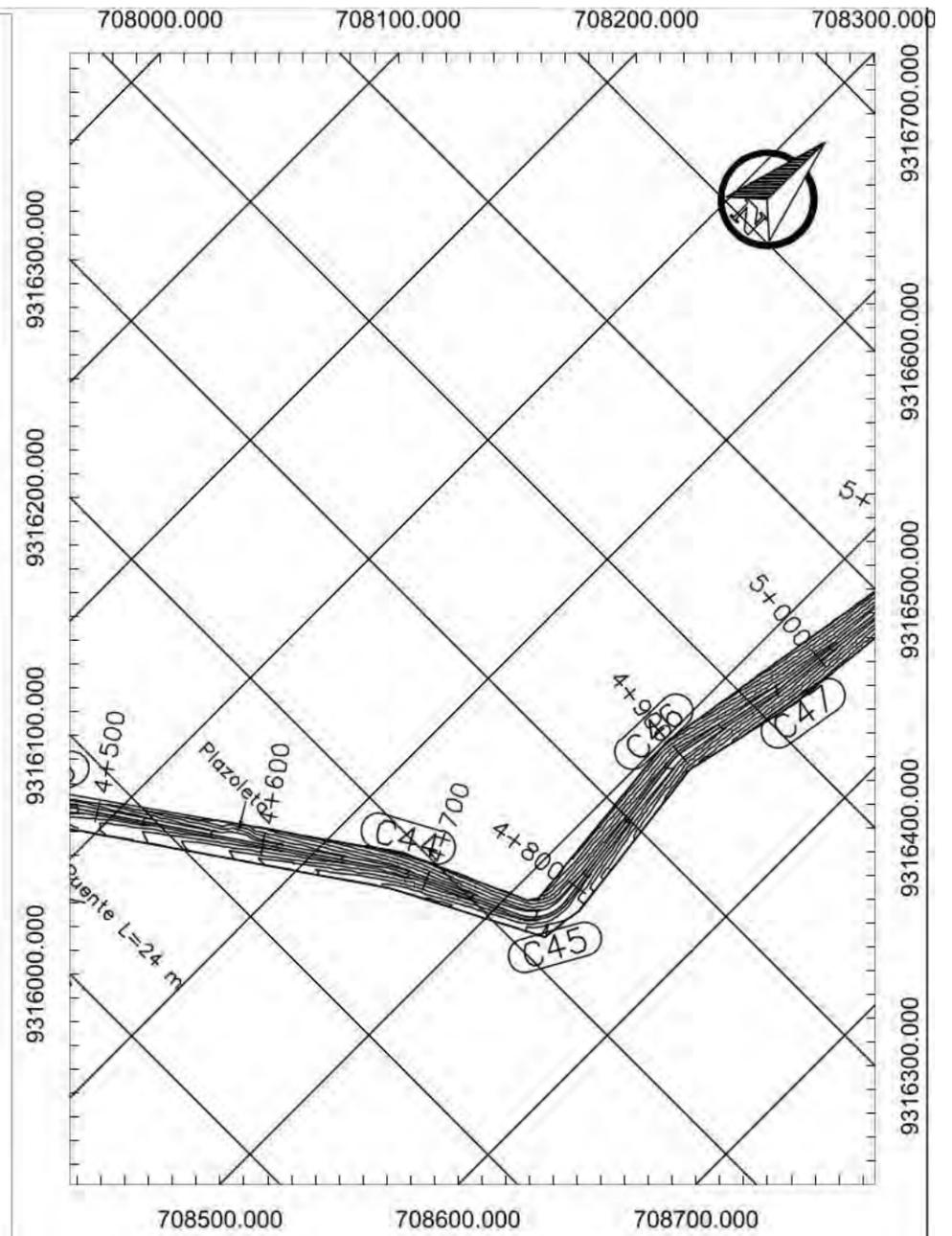
Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicación: Km 4+000 - 4+500

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
PL - 09

Rev. 1
Pag. 09



PENDIENTES	9.43%				
SUBRASANTE	1770.283	1779.717	1789.152	1798.586	1808.020
TERRENO	1783.371	1796.064	1802.341	1822.356	1833.446
ALINEAMIENTO	$L=179.19m$ $L=29.98m$ $R=185.00m$ $L=60.64m$ $R=25.00m$ $L=31.83m$ $R=25.00m$ $L=102.42m$ $R=30.00m$ $L=10.36m$ $R=66.58m$ $L=8.93m$ $R=71.07m$				
KILOMETRAJE	4+600	4+700	4+800	4+900	
CORTE	6.16	13.09	16.35	13.19	23.77
RELLENO					



PLANTA 4+500 - 5+000
ESCALA: 1/4000



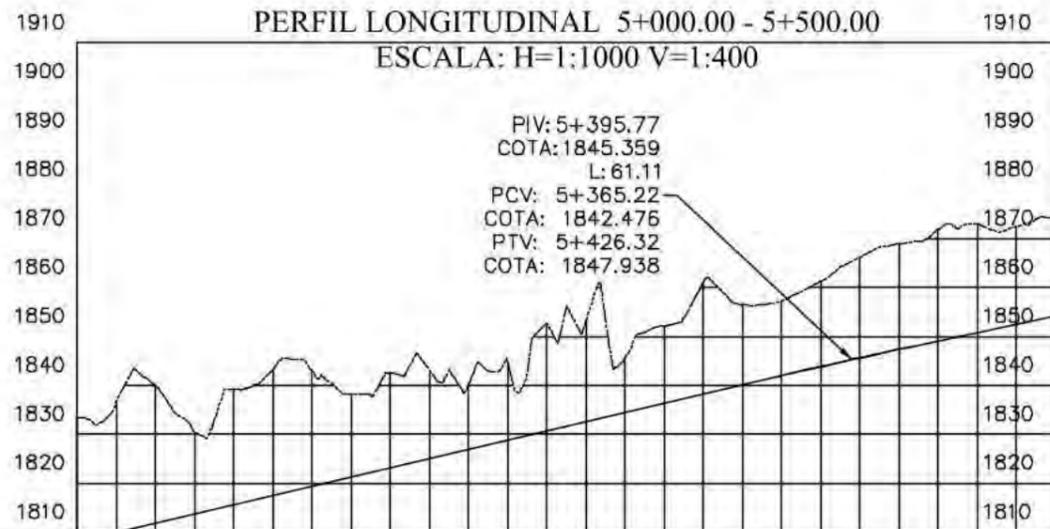
Proyecto: **CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA***

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

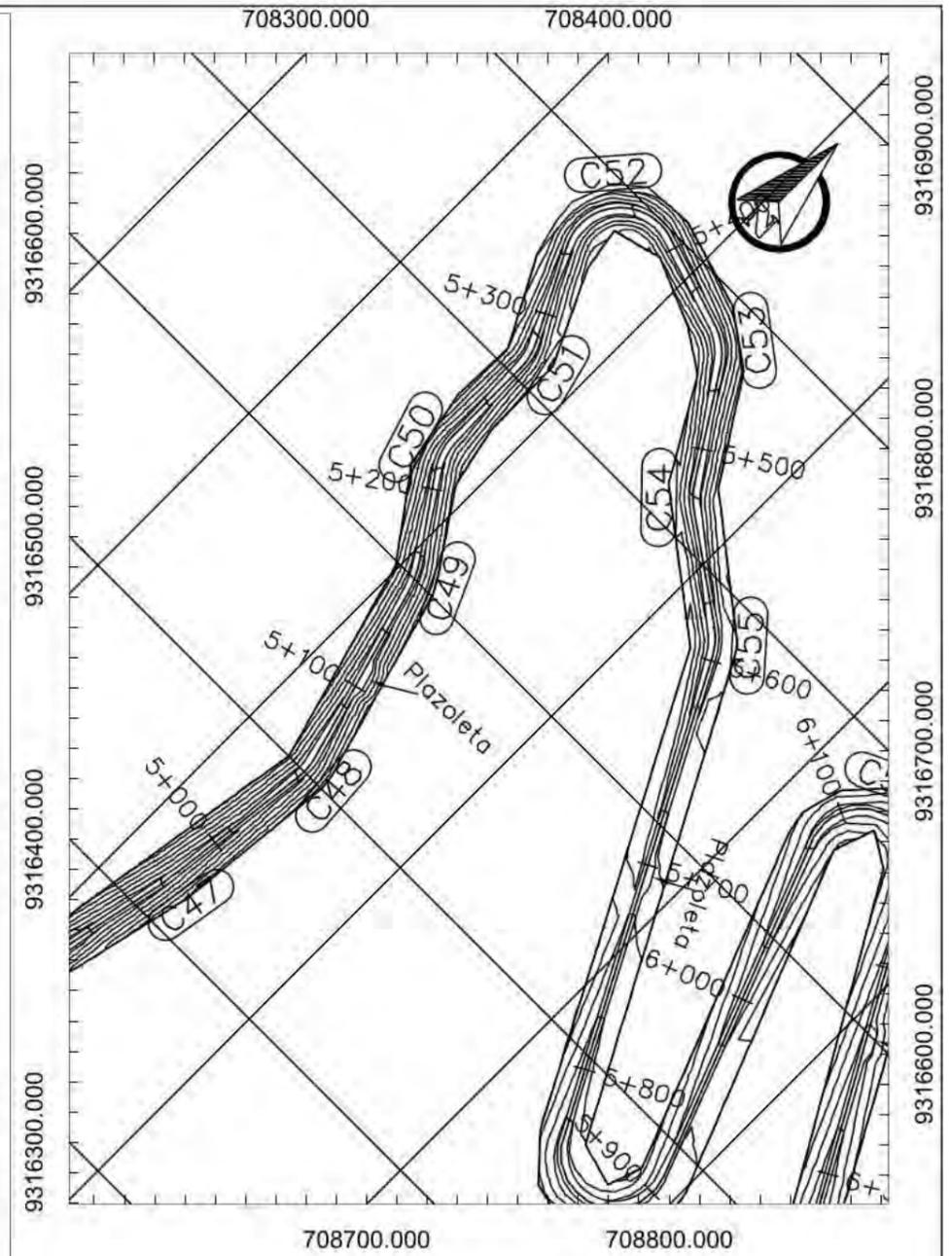
Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicación: Km 4+500 - 5+000

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
PL - 10

Rev. 1
Pag. 10



PENDIENTES	9.43%		8.44%	
SUBRASANTE	1817.455	1826.889	1836.324	1845.660
TERRENO	1843.436	1840.293	1852.078	1866.165
ALINEAMIENTO				
KILOMETRAJE	5+100	5+200	5+300	5+400
CORTE	25.43	25.98	13.40	15.75
RELLENO				



PLANTA 5+000 - 5+500
ESCALA: 1/3200



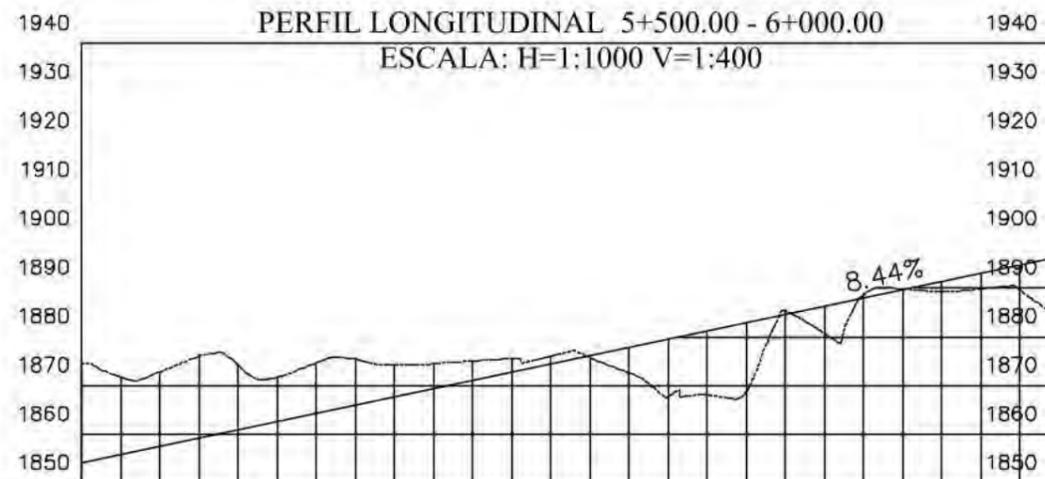
Proyecto: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

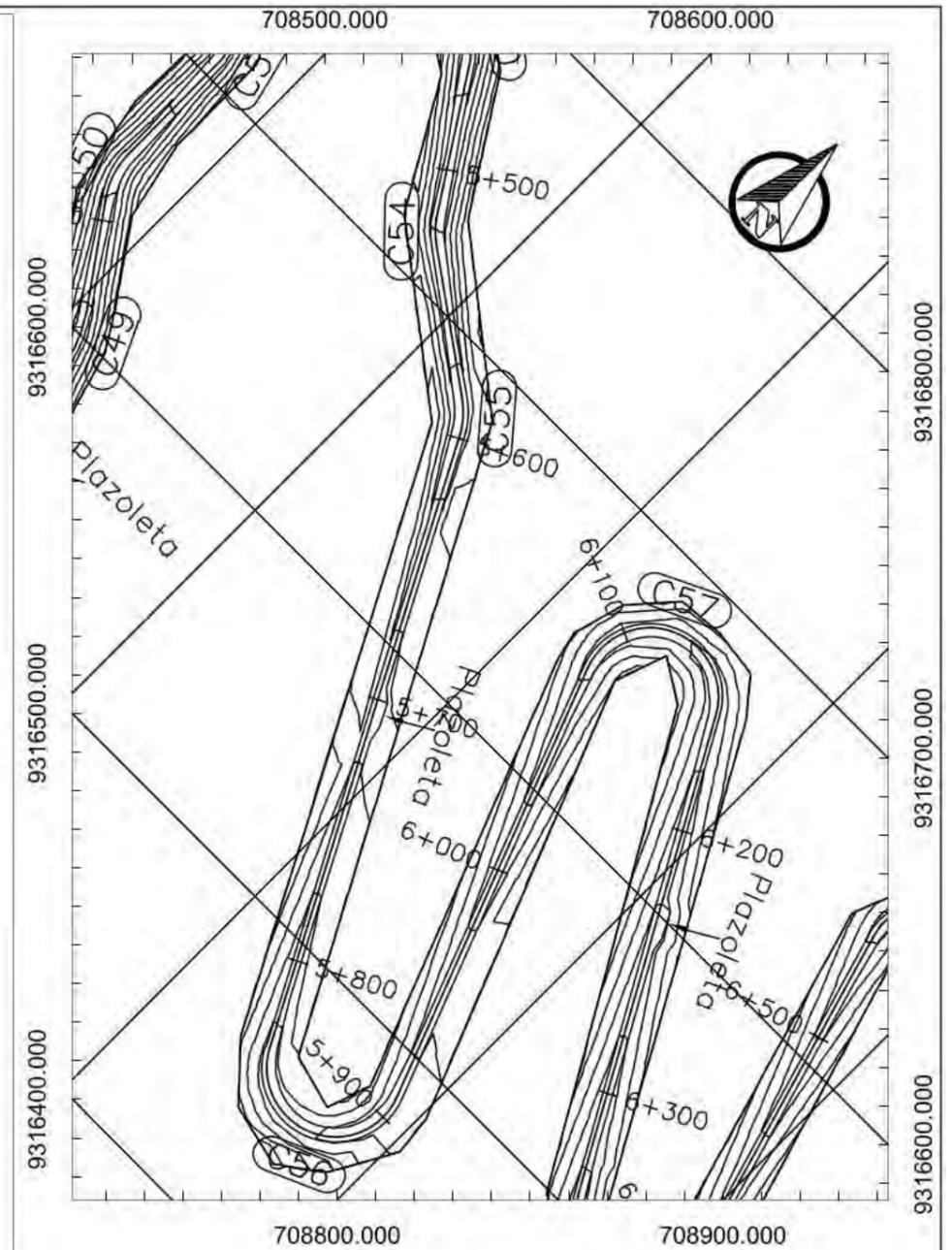
Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicación: Km 5+000 - 5+500

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
PL - 11

Rev: 1
Pag: 11



PENDIENTES	8.44%				
SUBRASANTE	1862.595	1871.035	1879.474	1887.914	1896.354
TERRENO	1871.728	1875.078	1867.802	1888.676	1884.071
ALINEAMIENTO					
KILOMETRAJE	5+600	5+700	5+800	5+900	
CORTE	20.28	9.13	4.04	0.76	
RELLENO			-11.67		-12.28



PLANTA 5+500 - 6+000
ESCALA: 1/2500



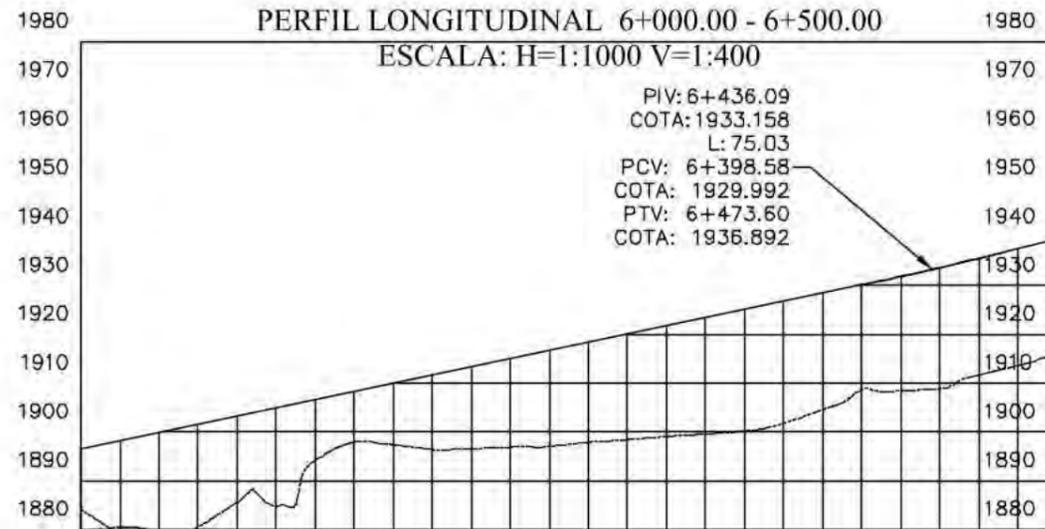
Proyecto: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

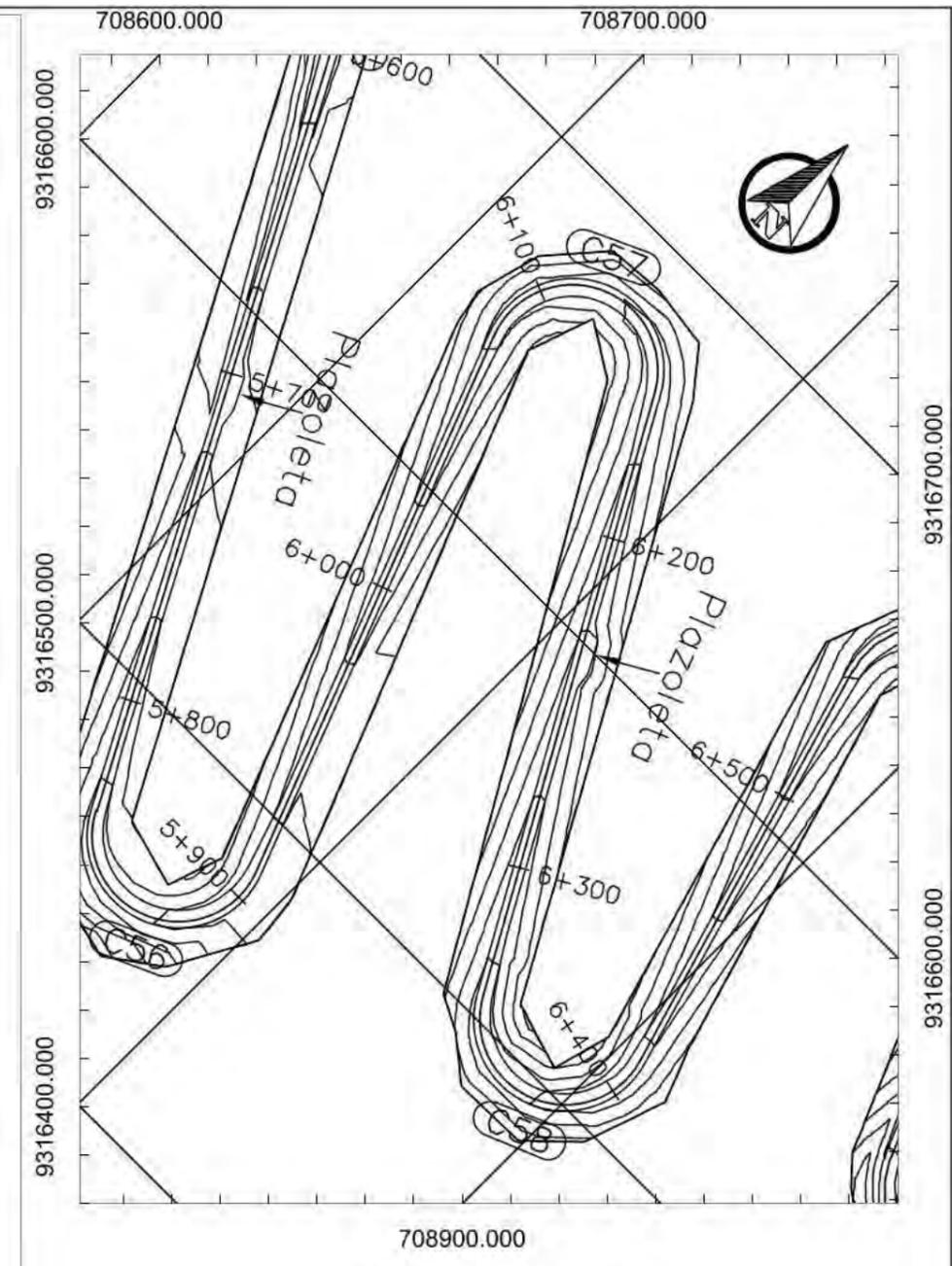
Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicación: Km 5+500 - 6+000

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
PL - 12

Rev. 1
Pag. 12



PENDIENTES	8.44%					9.96%
SUBRASANTE	1904.793	1913.233	1921.672	1930.112	1939.520	
TERRENO	1884.816	1896.517	1899.037	1908.636	1916.142	
ALINEAMIENTO	L=171.46m	L=75.03m R=25.00m	L=183.26m	L=72.98m R=25.00m	L=129.75m	
KILOMETRAJE	6+100	6+200	6+300	6+400		
CORTE						
RELLENO	12.28	19.98	16.72	22.64	21.48	



PLANTA 6+000 - 6+500
 ESCALA: 1/2000

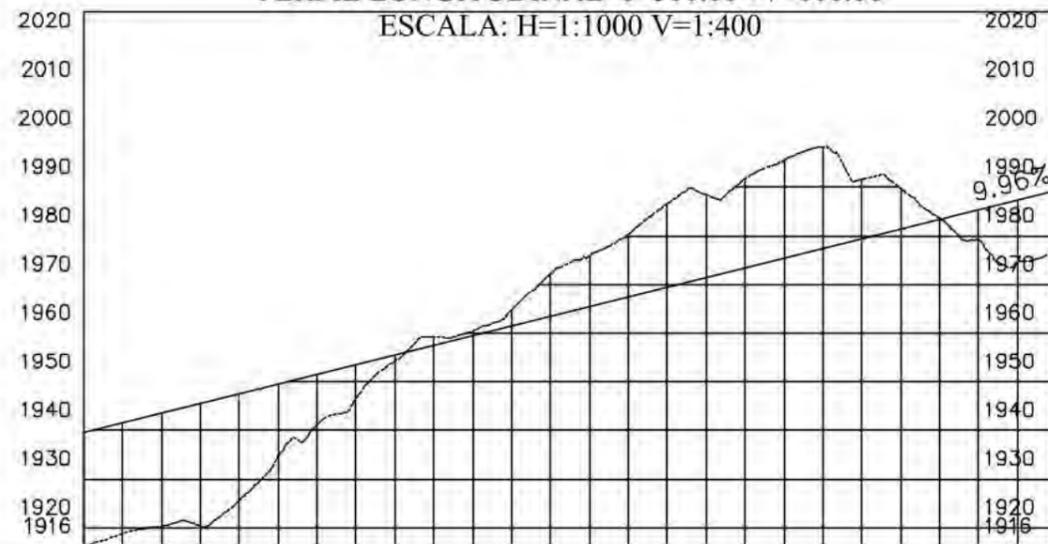


Proyecto: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA*

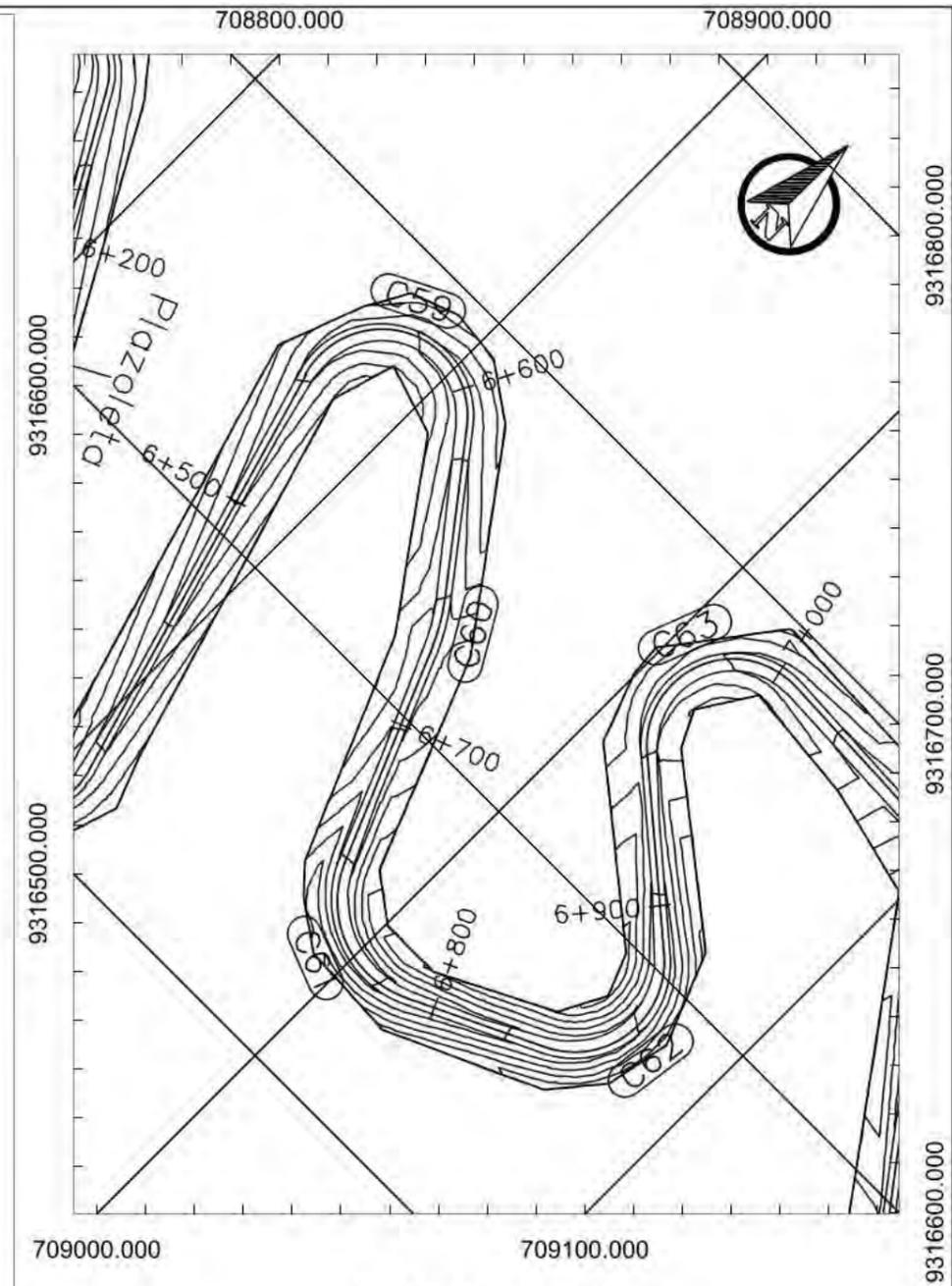
Distrito:	QUEROCOTILLO	Plano:	PLANTA Y PERFIL	Escala:	INDICADA	Rev.	1
Provincia:	CUTERVO	Ubicación:	Km 6+000 - 6+500	Fecha:	2022	Pag.	13
Departamento:	CAJAMARCA				PL - 13		

PERFIL LONGITUDINAL 6+500.00 - 7+000.00

ESCALA: H=1:1000 V=1:400



PENDIENTES	9.96%				
SUBRASANTE	1949.475	1959.431	1969.386	1979.341	1989.296
TERRENO	1934.620	1960.474	1986.596	1991.564	1977.351
ALINEAMIENTO	L=129.75m R=25.00m	L=16.21m R=62.00m	L=48.68m R=30.00m	L=51.71m R=26.00m	L=62.11m R=25.00m
KILOMETRAJE	6+600	6+700	6+800	6+900	
CORTE		-1.04	-17.21	-12.22	
RELLENO	23.38	14.86			11.95



PLANTA 6+500 - 7+000
ESCALA: 1/2000

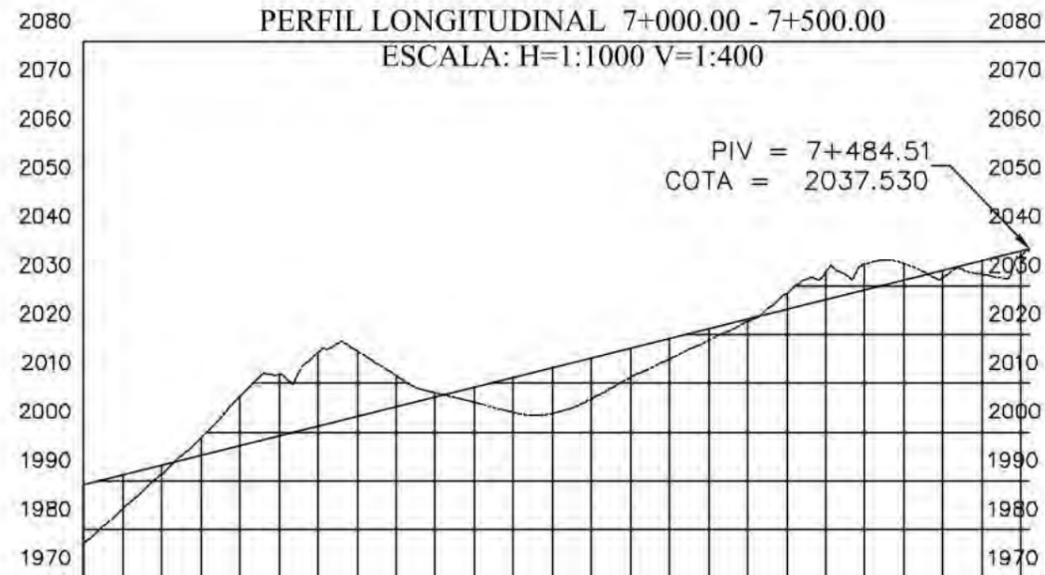


Proyecto: CREACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

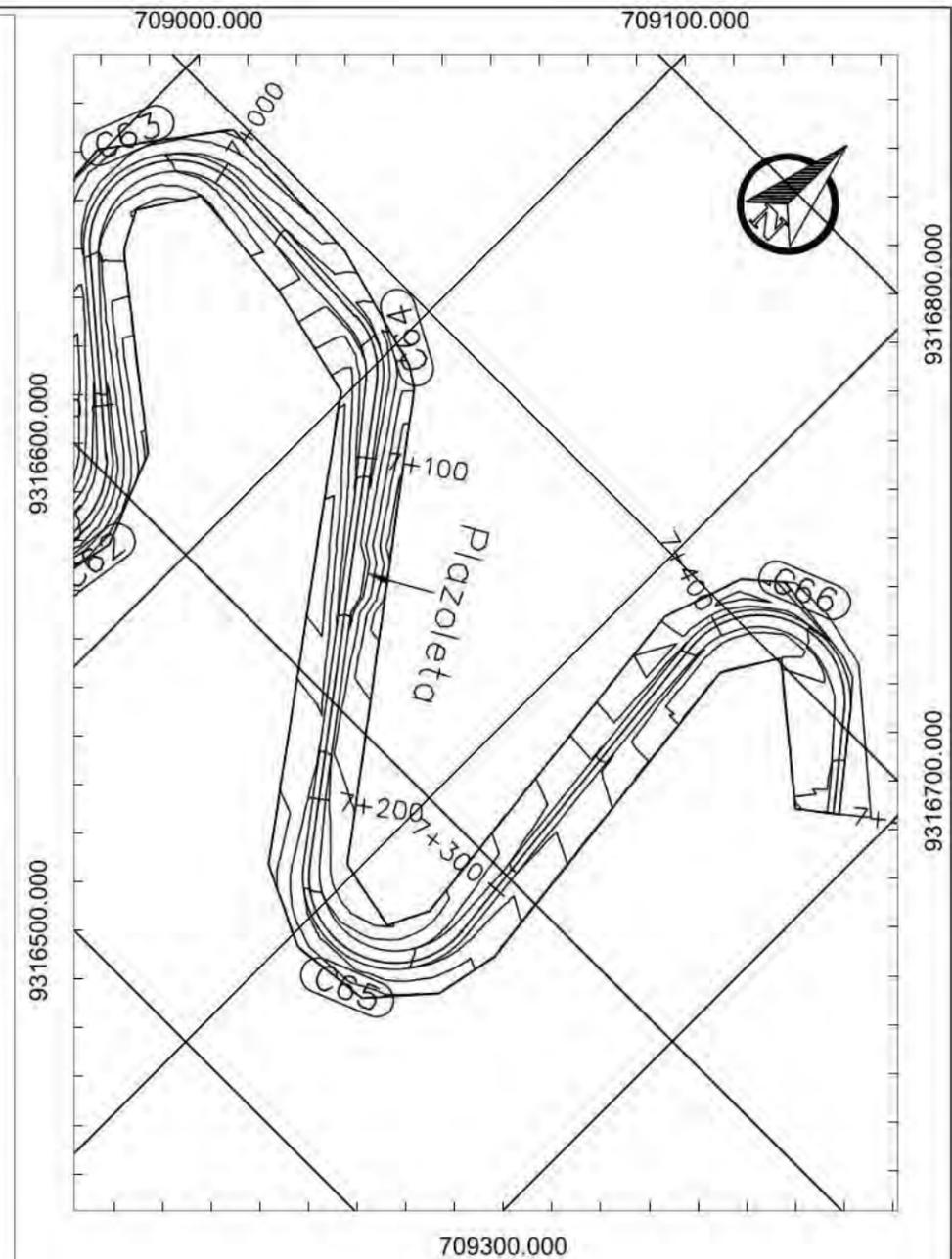
Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicación: Km 6+500 - 7+000

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
Rev: 1
Pag: 14



PENDIENTES	9.96%			
SUBRASANTE	1999.252	2009.207	2019.162	2029.117
TERRENO	2011.812	2006.094	2015.051	2034.420
ALINEAMIENTO	L=62.11m R=25.00m L=21.95m R=25.00m	L=140.64m	L=65.01m R=25.00m	L=105.93m L=64.23m R=25.00m L=29.98m
KILOMETRAJE	7+100	7+200	7+300	7+400
CORTE	-12.56			-5.30
RELLENO	11.95	3.11	4.11	



PLANTA 7+000 - 7+500
ESCALA: 1/2000



Proyecto: CREACION DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD DEL CAMINO VECINAL SAHUINDO - BALCONCILLO DEL DISTRITO DE QUEROCOTILLO - PROVINCIA DE CUTERVO - DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA

Distrito: QUEROCOTILLO
Provincia: CUTERVO
Departamento: CAJAMARCA

Plano: PLANTA Y PERFIL
Ubicacion: Km 7+000 - 7+500

Escala: INDICADA
Fecha: 2022
PL - 15

Rev. 1
Pag. 15