

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



**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE
CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA CENTRO POBLADO
PORCÓN ALTO – EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA
CARRETERA 8A.**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Autor: Julca Abanto George Adolfo

Asesor: Mg. Ing. Cubas Becerra Alejandro

Cajamarca – Perú

2022

Copyright © 2022 by
George Adolfo Julca Abanto
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y la oportunidad de seguir mis sueños, entregándome paciencia y sabiduría a lo largo de esta etapa en mi vida.

A mi asesor, Ingeniero Alejandro Cubas Becerra por el tiempo entregado en mi persona y en el desarrollo de esta investigación, otorgando su conocimiento y maravillosa experiencia en el proceso.

DEDICATORIA

A mis padres, Hilaria Ysabel Abanto Armas y Adolfo Julca Vásquez por todo su apoyo y amor incondicional, por haberme dado la oportunidad de salir adelante con el estudio y haber forjado en mi todo lo que soy. Por sus sacrificios en el proceso y por acompañarme en todo momento, convirtiéndose así en mi principal motivación para salir adelante.

A mis hermanas, Madeleyne Isabel y Ángela Milagros, por todo lo vivido y porque a pesar de todo seguimos unidos; a mis amigos, Max Franklin Villena Herrera y Carlos Eduardo Chilón Terán, por haber compartido conmigo grandes momentos a lo largo de la época universitaria, a Ingrich Chávez Díaz, por acompañarme y haberme apoyado en cada paso que he tomado.

ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Formulación del problema. -	3
1.3 Hipótesis. -	3
1.4 Variable Independiente.	3
1.5 Variable Dependiente.	3
1.6 Justificación de la investigación. -	4
1.7 Alcances o delimitaciones de la investigación.	4
1.8 Limitaciones.	5
1.9 Objetivos.	5
1.9.1 Objetivo General.	5
1.9.2 Objetivos específicos.	5
1.10 Descripción de los capítulos de la investigación.	5
1.10.1 Capítulo I: Introducción.	5
1.10.2 Capítulo II: Marco teórico.	5
1.10.3 Capítulo III: Materiales y métodos.	6
1.10.4 Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados.	6
1.10.5 Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes Teóricos	7
2.1.1 Antecedentes Internacionales:	7
2.1.2 Antecedentes Nacionales:	9
2.1.3 Antecedentes Locales:	10
2.2 Bases Teóricas	11
2.2.1 Carreteras	11
2.2.2 Clasificación de Carreteras	11
2.2.2.1 Clasificación de carreteras según su demanda	11
2.2.2.1.1 Autopistas de Primera Clase	11
2.2.2.1.2 Autopistas de Segunda Clase	11
2.2.2.1.3 Carreteras de Primera Clase	12
2.2.2.1.4 Carreteras de Segunda Clase	12
2.2.2.1.5 Carreteras de Tercera Clase	12
2.2.2.1.6 Trochas Carrozables	12
2.2.2.2 Clasificación de carreteras según su orografía	12

2.2.2.2.1	Terreno plano (tipo 1)	13
2.2.2.2.2	Terreno ondulado (tipo 2)	13
2.2.2.2.3	Terreno accidentado (tipo 3)	13
2.2.2.2.4	Terreno escarpado (tipo 4)	13
2.2.2.3	Clasificación de carreteras según su jerarquía.	13
2.2.2.3.1	Red Vial Nacional	14
2.2.2.3.2	Red Vial Departamental o Regional	14
2.2.2.3.3	Red Vial Vecinal o Rural	14
2.2.3	Vehículos de Diseño.	14
2.2.4	Velocidad de Diseño.	15
2.2.4.1	Velocidad de diseño del tramo homogéneo.	16
2.2.4.2	Velocidad Específica.	16
2.2.4.3	Velocidad de Operación.	17
2.2.4.4	Velocidad del percentil 85.	18
2.2.5	Parámetros de elementos geométricos en Planta.	19
2.2.5.1	Tramos en Tangente.	19
2.2.5.2	Distancias de Visibilidad.	19
2.2.5.2.1	Distancias de Visibilidad de Parada.	19
2.2.5.2.2	Distancias de Visibilidad de adelantamiento.	20
2.2.5.3	Elementos de curva circular.	23
2.2.5.3.1	Elementos de la curva circular.	23
2.2.5.3.2	Radios mínimos.	25
2.2.5.3.3	Verificación de la distancia de visibilidad.	27
2.2.5.3.4	Curvas de Transición.	29
2.2.5.3.5	Curvas de Vuelta.	34
2.2.5.3.6	Transición de peralte.	35
2.2.5.3.7	Sobreanchos.	36
2.2.6	Parámetros de elementos geométricos en Perfil.	36
2.2.6.1.1	Pendientes.	36
2.2.7	Parámetros de elementos geométricos de la sección transversal.	42
2.2.7.1	Sección Transversal Típica a media ladera - vía de dos carriles en curva	42
2.2.7.2	Ancho de Calzada en Tangente	43
2.2.7.3	Bermas	44
2.2.7.4	Bombeo	44
2.2.7.5	Peralte	45

2.2.8	Tránsito.	46
2.2.8.1	Índice Medio diario Anual.	46
2.2.9	Seguridad Vial.	47
2.2.9.1	Gestión de la Seguridad Vial.	48
2.2.9.2	Seguridad Vial en función a la DG-2018.	49
2.2.9.3	Seguridad Vial en función de indicadores de Consistencia.	50
2.2.9.3.1	Criterio I de Lamm: Consistencia de Elementos Simples.	52
2.2.9.3.2	Criterio II de Lamm: Consistencia de Elementos Sucesivos.	52
2.2.9.3.3	Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica.	52
2.2.9.4	Seguridad vial en función de las curvas de transición.	53
2.2.9.4.1	Curvas de transición.	55
2.3	Dinámica del vehículo en alineamientos en curvas.	57
2.4	Definición de Términos Básicos.	58
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS		62
3.1	Ubicación de la carretera en estudio.	62
3.1.1	Ubicación Política:	62
3.1.2	Ubicación en Coordenadas Geográfica:	65
3.1.3	Ubicación en Coordenadas UTM:	65
3.2	Instrumentos, materiales y equipos.	65
3.3	Procedimiento.	66
3.3.1	Trabajo de Campo.	66
3.3.2	Trabajo en Gabinete.	67
3.4	Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.	68
3.4.1	Tipo de investigación.	68
3.4.2	Nivel de Investigación.	68
3.4.3	Diseño de investigación.	68
3.4.4	Método de investigación.	68
3.4.5	Presentación de resultados.	68
3.5	Población de Estudio.	68
3.6	Muestra.	68
3.7	Unidad de Análisis.	68
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		69
4.1	Características geométricas en la carretera.	69
4.1.1	Clasificación de la carretera en estudio.	69
4.1.1.1	Clasificación por su demanda:	69

4.1.1.2	Clasificación por su orografía:	72
4.1.1.3	Clasificación por su jerarquía:	76
4.1.2	Velocidad de diseño:	76
4.1.3	Vehículo de diseño:	77
4.1.4	Elementos Existentes en la carretera.	78
4.1.5	Parámetros existentes en Planta.	79
4.1.5.1	Longitudes de tramos tangente:	79
4.1.5.2	Distancia de visibilidad de parada:	81
4.1.5.3	Distancia de visibilidad de adelantamiento:	83
4.1.5.4	Parámetros de elementos de curvas circulares:	86
4.1.5.5	Verificación de distancia de visibilidad en curvas horizontales:	88
4.1.5.6	Verificación de distancia de sobrecanchos:	92
4.1.6	Parámetros existentes en Perfil.	94
4.1.6.1	Verificación de pendientes mínimas y pendientes máximas:	94
4.1.6.2	Verificación de longitudes máximas en pendientes:	96
4.1.6.3	Parámetros de curvas verticales existentes:	98
4.1.7	Parámetros existentes en sección transversal.	100
4.1.7.1	Verificación de anchos de bermas y calzadas existentes:	100
4.1.7.2	Verificación de los peraltes máximos en curvas horizontales:	107
4.1.8	Resultados de la verificación con DG-2018 por kilometraje.	108
4.2	Velocidades Específicas en curvas circulares.	109
4.3	Percentil 85 de velocidades y Análisis de Consistencia de la carretera.	112
4.4	Implementación de curvas de transición a nivel de diseño en planta.	126
4.5	Análisis de la implementación de curvas de transición.	131
4.6	Contrastación de la hipótesis.	133
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		134
5.1	Conclusiones.	134
5.2	Recomendaciones.	135
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		136

INDICE DE GRAFICOS

GRÁFICO N° 1 Clasificación Orográfica de la carretera Km 19 + 974 – Km 21+000.....	74
GRÁFICO N° 2 Clasificación Orográfica de la carretera Km 21+000 – Km 22+000.....	74
GRÁFICO N° 3 Clasificación Orográfica de la carretera Km 22+000 – Km 23+000.....	75
GRÁFICO N° 4 Clasificación Orográfica de la carretera Km 23+000 – Km 24+000.....	75
GRÁFICO N° 5 Clasificación Orográfica de la carretera Km 24 + 000 – Km 25+000.....	76
GRÁFICO N° 6 Incidencia de cada tipo de vehículo pesado	77
GRÁFICO N° 7 Distribución porcentual de elementos existentes de la carretera.....	79
GRÁFICO N° 8 Distribuciones porcentual de verificación de longitudes mínimas de tramos en tangentes.....	80
GRÁFICO N° 9 Distribuciones porcentual de verificación de distancia de visibilidad de parada.	83
GRÁFICO N° 10 Distribuciones porcentual de verificación de distancia de visibilidad de parada.	85
GRÁFICO N° 11 Distribuciones porcentual de verificación de radios mínimos.	88
GRÁFICO N° 12 Distribuciones porcentual de verificación de distancias de visibilidad en curvas horizontales.....	92
GRÁFICO N° 13 Distribuciones porcentual de verificación de pendientes longitudinales mínimas y máximas.....	95
GRÁFICO N° 14 Distribuciones porcentual de verificación de anchos de calzada.	106
GRÁFICO N° 15 Comparación entre V específica y la velocidad de diseño	110
GRÁFICO N° 16 Criterio I de Lamm: Elementos Simples para Vop en Descendente	117
GRÁFICO N° 17 Criterio II de Lamm: Elementos Sucesivos para Vop en Descendente.....	118
GRÁFICO N° 18 Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica para Vop en Descendente	119
GRÁFICO N° 19 Criterio I de Lamm: Elementos Simples para Vop en sentido Ascendente..	122
GRÁFICO N° 20 Criterio II de Lamm: Elementos Sucesivos para Vop en sentido Ascendente	123
GRÁFICO N° 21 Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica para Vop en sentido Ascendente	124
GRÁFICO N° 22 Porcentajes totales de criterios de Lamm en ascendente y en descendente..	125
GRÁFICO N° 23 Comparación de fuerzas centrípetas de la Curva C-1	132

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1 Distancia de adelantamiento	21
FIGURA N° 2 Simbología de la curva circularFUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 302.01, pág. 128.	24
FIGURA N° 3 Caso I: Distancia de Visibilidad < Desarrollo de curva circular.....	28
FIGURA N° 4 Caso I: Distancia de Visibilidad > Desarrollo de curva circular.....	28
FIGURA N° 5 Elementos de la curva de transición – curva circular.....	32
FIGURA N° 6 Ilustración de una curva de vuelta.....	34
FIGURA N° 7 Longitud Crítica en Pendiente.....	38
FIGURA N° 8 Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas.....	39
FIGURA N° 9 Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas	40
FIGURA N° 10 Elementos de la curva vertical simétrica.....	40
FIGURA N° 11 Elementos de la curva vertical asimétrica	41
FIGURA N° 12 Sección Transversal Típica a media ladera - vías de dos carriles en curva	42
FIGURA N° 13 Velocidad de diseño vs velocidad de operación	48
FIGURA N° 14 Variables que intervienen en la velocidad de operación.....	51
FIGURA N° 15 Trayectoria de los vehículos en una curva circular	55
FIGURA N° 16 Diagrama de fuerzas actuantes sobre el vehículo en una curva.	57
FIGURA N° 17 Red Vial Nacional del Perú.....	62
FIGURA N° 18 R.V.D Departamento Cajamarca.....	63
FIGURA N° 19 R.V.V de Provincia Cajamarca	63
FIGURA N° 20 R.V.V. Distrito Cajamarca	64
FIGURA N° 21 Tramo Carretero en estudio.....	64
FIGURA N° 22 Dimensiones del Vehículo de Diseño B3-1	78
FIGURA N° 23 Sección transversal para el análisis de la distancia de visibilidad para la curva 1.	90
FIGURA N° 24 Sección transversal de la corona para el análisis del sobreebanco en curvas horizontales.	93
FIGURA N° 25 Longitud máxima en pendientes para la velocidad de 60 km/h.	97
FIGURA N° 26 Longitud máxima para la curva 1 con pendiente 5.92%.	97

INDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 Datos Básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)	15
TABLA N° 2 Rango de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía.....	16
TABLA N° 3 Longitudes de tramos en tangente	19
TABLA N° 4 Elementos que conforman la distancia de adelantamiento	23
TABLA N° 5 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras	26
TABLA N° 6 Tabla de coeficiente de fricción transversal máxima	27
TABLA N° 7 Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo	31
TABLA N° 8 Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición.....	34
TABLA N° 9 Pendientes máximas (%)	37
TABLA N° 10 Anchos mínimos de calzada en tangente.....	43
TABLA N° 11 Anchos de bermas.....	44
TABLA N° 12 Valores del bombeo de la calzada.	44
TABLA N° 13 Valores de peralte máximo	45
TABLA N° 14 Peralte mínimo	45
TABLA N° 15 Coordenadas geográficas de punto de inicio y final del tramo de carretera en estudio	65
TABLA N° 16 Coordenadas de punto de inicio y final del tramo de carretera en estudio (Sistema WGS – 84).....	65
TABLA N° 17 Fechas de conteo vehicular - Estudio de Tránsito	69
TABLA N° 18 Índices Medios Diarios Semanales por carril	70
TABLA N° 19 Índice Medio Diario Anual (IMDA)	71
TABLA N° 20 Análisis de pendientes transversales de la carretera.	72
TABLA N° 21 Clasificación por Orografía.....	76
TABLA N° 22 Total de elementos existentes en la carretera por kilometraje.....	78
TABLA N° 23 Verificación de Longitud de tramos en tangente.....	80
TABLA N° 24 Verificación distancias de visibilidad de parada	82
TABLA N° 25 Verificación distancias de visibilidad de adelantamiento.....	84
TABLA N° 26 Parámetros de curvas circulares y verificación de radios mínimos.....	87
TABLA N° 27 Verificación distancias de visibilidad de parada en curvas horizontales.....	91
TABLA N° 28 Verificación distancias de sobreechanco en curvas horizontales.....	94
TABLA N° 29 Verificación distancias de pendientes mínimas y máximas	95

TABLA N° 30 Verificación de longitud máxima en pendientes	98
TABLA N° 31 Parámetros de curvas verticales existentes	99
TABLA N° 32 Verificación de peraltes máximos	107
TABLA N° 33 Porcentaje de cumplimiento y no cumplimiento por kilometraje.....	108
TABLA N° 34 Velocidad específica en curvas vs velocidad de diseño	109
TABLA N° 35 Velocidad específica en curvas vs Velocidades de operación.....	111
TABLA N° 36 Velocidades tomadas en campo para la tangente 1	112
TABLA N° 37 Criterios de Lamm para las velocidades de operación en Descendente	115
TABLA N° 38 Criterios de Lamm para las velocidades de operación en sentido ascendente.	120
TABLA N° 39 Porcentajes totales de criterios de Lamm (ascendente y descendente).....	125
TABLA N° 40 Parámetros de Curvas de transición.....	129

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar la gestión de la seguridad vial presentada en la carretera Centro Poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A y se analizó si con la implementación de curvas de transición la seguridad vial mejora, para ello se procedió a realizar diferentes tomas de datos de campo (Levantamiento Topográfico, estudio de tránsito y toma de velocidades de operación) y con el procesamiento de la información en gabinete se obtuvo: La vía es una Carretera de Primera Clase, orografía del tipo 2 y pertenece a la Red Vial Nacional del Perú; el vehículo rígido de diseño es un B3-1; Del análisis de la seguridad vial con respecto a la norma vigente (DG-2018) se obtiene que existen parámetros a lo largo de la carretera los cuales no cumplen los requerimientos mínimos exigidos por la normativa, siendo inseguro desde el punto de vista de la DG-2018; Del análisis de las velocidades específicas de las curvas se obtiene que 3 curvas (17.65%) superan las velocidades de operación, existiendo 14 (82.35%) de ellas con valores inferiores al máximo permitido por el elemento; del análisis de la consistencia, se determinó que la carretera presenta adecuados valores de consistencia en términos del Criterio I y Criterio II de Lamm, pero un aumento de la condición de “Malo” para el Criterio III, siendo el sentido descendente el que presenta un total 7 curvas (41.18%) en estado “Malo” y en sentido ascendente son 6 curvas (35.29%) en estado “Malo”.

Es así que, se implementó curvas de transición a nivel de diseño geométrico en planta, bajo la perspectiva de priorizar la seguridad vial, y se obtuvo que únicamente el 64.71% de las curvas (C1, C3, C4, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14 y C16) podrán contar con el radio mínimo exigido con curvas de transición, con lo que se obtuvo una mejora por la disminución de las fuerzas centrípetas máximas existentes en las curvas horizontales con las del rediseño en un 15.97% , lo que se traducen un cambio gradual del radio de curvatura entre los tramos tangente y las curvas con radio definido, disminuyendo así la invasión de carril, disminución de la fuerza centrífuga al ingreso de la curva y una mayor homogeneidad en las velocidades de operación, y con esto se obtiene una mejora en la seguridad vial.

Palabras Claves: Curva de transición, Análisis de Consistencia, Velocidad específica, Radios mínimos y velocidad del percentil 85, fuerza centrípeta.

ABSTRACT

The objective of this research work was to carry out the management of road safety on the road Centro Poblado Porcón Alto - Junction of road 3N with road 8A and to analyze if with the implementation of transition curves road safety improves, for this we proceeded to perform different field data collection (topographic survey, traffic study and taking of operating speeds) and with the processing of the information in the office we obtained: The road is a First Class Road, type 2 orography and belongs to the National Road Network of Peru; the design rigid vehicle is a B3-1; From the analysis of road safety with respect to the current standard (DG-2018) it is obtained that there are parameters along the road which do not meet the minimum requirements demanded by the regulations, being unsafe from the point of view of the DG-2018; From the analysis of the specific speeds of the curves it is obtained that 3 curves (17.65%) exceed the operating speeds, existing 14 (82.35%) of them with values lower than the maximum allowed by the element; From the consistency analysis, it was determined that the road presents adequate consistency values in terms of Lamm's Criterion I and Criterion II, but an increase of "Bad" condition for Criterion III, being the descending direction the one that presents a total of 7 curves (41.18%) in "Bad" condition and in ascending direction are 6 curves (35.29%) in "Bad" condition.

Thus, transition curves were implemented at the level of geometric design in plant, under the perspective of prioritizing road safety, and it was obtained that only 64.71% of the curves (C1, C3, C4, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14 and C16) could have the minimum radius required with transition curves, with which an improvement was obtained by reducing the maximum centripetal forces existing in the horizontal curves with those of the redesign by 15.97%, resulting in a reduction of the maximum centripetal forces existing in the horizontal curves with those of the redesign by 15.97%. 97%, which translates into a gradual change of the radius of curvature between the tangent sections and the curves with defined radius, thus decreasing lane invasion, decreasing the centrifugal force at the entrance of the curve and a greater homogeneity in the operating speeds, and with this an improvement in road safety is obtained.

Key words: Transition curve, consistency analysis, specific speed, minimum radii and 85th percentile speed, centripetal force.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

El parque automotor en la actualidad es uno de los principales puntos a tratar cuando se habla de temas tales como seguridad, contaminación ambiental y serviciabilidad en las vías; tomando como punto a tratar la seguridad, debemos entender que la demanda y realidad que antes existía hace más de un siglo no son las mismas que rigen en la actualidad, existe un gran avance tecnológico en el desarrollo vehicular, así como en las tecnologías de construcción y optimización de las carreteras, pero los criterios de diseño de carreteras a lo largo de los años se ha mantenido.

Los primero vehículos que aparecieron fueron a vapor, alrededor de los años de 1770, pero no fue sino hasta el año de 1885 en el cual Carl Benz creó el primer camión con motor de combustión interna y a partir de 1920 se incorporó de manera industrial la fabricación de vehículos motorizados con tecnología diésel, actualmente la gran innovación y nuevas tecnologías han hecho que los motores cuenten con mayor potencia, menor capacidad de consumo en combustibles y un aumento en rendimiento. A la vez, las primeras entidades más relevantes para la estandarización de protocolos para el diseño y construcción de autopistas y carreteras eran fundadas, como por ejemplo la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), fundada en 1914 en Estados Unidos, y en el Perú por el año de 1897 comenzó a funcionar el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; El criterio de diseño geométrico se basaba en la cinemática y dinámica de partículas con la interacción de la geometría, empleando la velocidad como variable que permitía determinar el valor de las características geométricas de interés para el diseño, En el caso de curvas horizontales, los modelos permiten modelar una cierta condición de “falla” a partir del cual se selecciona la curvatura, peraltes y factores de fricción (Hauer, 2000) teniendo como hipótesis que la probabilidad que el conductor exceda la velocidad de diseño para la estimación de los parámetros no es significativa, resultado como consecuencia que ésta es la velocidad máxima segura que puede mantenerse en una sección de vía.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2015), cada año cerca de 1,3 millones de personas pierden la vida en las carreteras en el mundo y entre 20 y 50 millones padecen traumatismos no mortales como consecuencia de accidentes

automovilísticos, convirtiéndose así en una de las principales causas de muerte en todos los grupos etarios y la principal para personas de entre 15 y 29 años de edad.

Según el estudio, el 93% de las muertes se presentan en países de bajos y medianos ingresos, siendo una característica resaltante en países en vías de desarrollo y uno de los factores que impulsan las cifras dadas son la existencia de una infraestructura vial insegura a consecuencia de un deficiente diseño geométrico o por casos excepcionalmente normativos.

El Perú es un país andino el cual presenta una gran variedad de relieves topográficos, siendo más notorio en la zona de la sierra en la cual presenta una topografía accidentada con grandes pendientes, dando así un reto para la ingeniería y convirtiéndolo en una de las zonas más críticas en el diseño de vías de comunicación terrestre y el simple hecho de necesitar una gran cantidad de curvas de vuelta hace que sea mayor la posibilidad de presentar accidentes automovilísticos.

Según el VI Censo Nacional de Comisarías (INEI, 2017), El Departamento de Cajamarca presentó una tasa de accidentes de tránsito de 144.1 por cada cien mil habitantes, un número de fallecidos en accidentes de tránsito de 111 por cada cien mil habitantes y una tasa de fallecidos en accidentes de tránsito de 7.3 por cada cien mil habitantes en todo el año 2016, expresado con valores absolutos fueron un total de 2210 accidentes de tránsito, de los cuales 797 se desarrollaron en carretera representando el 36.1% del total. Desde el punto de vista del tipo de accidente de tránsito, se presentó 708 colisiones, 321 atropellos, 341 despistes, 127 despistes y volcadura, entre otros. Los tipos de vehículos involucrados principalmente fueron vehículos particulares, principalmente automóviles, camionetas rurales y camiones de carga.

La principal causa de los accidentes de tránsito en la región Cajamarca fue de impericia, que quiere decir no haber presentado la habilidad para resolver con acierto las dificultades presentadas, siendo una variable netamente humana, en segundo lugar está el exceso de velocidad la cual es una de las principales variable que se piensa analizar en el presente estudio, debido que, según un estudio realizado por la Universidad Politécnica de Valencia, “Análisis de la Longitud de rectas y su influencia en la consistencia del diseño geométrico de carreteras convencionales” (García García, Camacho Torregrosa, & Díaz Gracia, 2016) sustentan la influencia

que presenta los grandes tramos rectos sobre los usuarios de la vía, proporcionándoles la confianza para aumentar la velocidad de operación y presentando grandes cambios de velocidad en el momento de entrar a curvas posteriores, comprometiendo así la seguridad de la vía, teniendo una correlación con un mayor número de accidentes de tránsito.

Los accidentes de tránsito registrados según Reportes preliminares de Accidentes – Centro de Gestión y Monitoreo de la Superintendencia de Transporte Terrestre de Personas, Carga y Mercancías (SUTRAN), se tienen que en el periodo 2020 – 2021 han existido 11 accidentes de tránsito en la carretera PE-3N, lo cual muestra la existencia de inseguridad en la carretera.

La inseguridad de las carreteras existentes podría estar en función a los excesos de velocidad que pueden realizar los vehículos que la circulan, esto a consecuencia probablemente de las grandes longitudes de tramo recto que presenta, así como también de las curvas similares seguidas las cuales le dan al conductor una lectura incorrecta de la vía, cabe destacar que la normativa con la que fueron diseñadas data de décadas atrás, no teniendo en los últimos años mejora alguna en lo respecta a trazo.

El estado actual de las carreteras existentes podría mejorarse con la implementación de las curvas de transición y en consecuencia podría mejorar la seguridad vial presente en ellas.

1.2 Formulación del problema. -

¿Con la implementación de curvas de transición mejora la seguridad vial de la carretera Centro Poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A?

1.3 Hipótesis. -

La Implementación de Curvas de Transición en la carretera Centro Poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A, mejora la Seguridad Vial.

1.4 Variable Independiente.

Curvas de Transición.

1.5 Variable Dependiente.

Seguridad Vial.

1.6 Justificación de la investigación. -

- **Valor práctico:** Determinar si las curvas de transición mejoran la seguridad vial de la carretera entre el Centro Poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A.
- **Valor teórico:** Determinar nuevos conocimientos con respecto a la influencia de las curvas de transición en la seguridad vial y así obtener una base de información contrastada la cual considere su aplicación en el mejoramiento del trazo de vías existentes, analizando como principio básico las velocidades específicas, de diseño y operación de cada curva que presente cualquier carretera acorde a la normativa vigente (DG – 2018).

1.7 Alcances o delimitaciones de la investigación.

La investigación a realizarse está dirigida principalmente a todos los involucrados con algún proceso de diseño, ejecución, supervisión y control de obras viales. Así como también a estudiantes y docentes de la carrera de ingeniería civil, ingeniería de transportes, entre otras.

Se estudiará el tramo carretero entre el centro poblado de Porcón Alto y el empalme de la carretera 3N con la carretera 8A; el periodo aproximado de la investigación es de seis (06) meses aproximadamente, dentro del cual se analizará dos (02) factores primordiales, la primera con respecto a la velocidad específica que tiene cada una de las curvas de la carretera el cual va a estar en función de radios de curvatura, peraltes y coeficientes de fricción (máximos en función a la velocidad de diseño del tramo homogéneo) característico de cada uno, obteniendo con esto el estado actual que tiene la carretera, así como también el percentil 85 de velocidades, la cual representa las expectativas reales que tienen los conductores de la carretera; como segundo factor, el análisis de la seguridad que tiene la carretera en función a criterios dados por la normativa vigente (DG-2018), Criterios de Lamm I y II, y la implementación del diseño de curvas de transición para una mejora del estado de la carretera.

Para el presente estudio se plantea la consideración de vehículos livianos (Automóviles – Camionetas) en temas relacionados a la velocidad de operación (Análisis de Consistencia), pero para la determinación de la clasificación de la vía se consideró todos los vehículos reconocidos por las normativas vigentes, de igual manera para la determinación del vehículo de diseño.

1.8 Limitaciones.

No existen limitaciones en la presente investigación.

1.9 Objetivos.

1.9.1 Objetivo General.

Determinar la mejora de la Seguridad Vial de la carretera centro poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A por la Implementación de Curvas de Transición.

1.9.2 Objetivos específicos.

- Realizar el Levantamiento topográfico de la carretera en estudio.
- Realizar el Estudio de Tráfico Vehicular de la carretera en estudio.
- Realizar el Estudio Orográfico de la carretera en estudio.
- Realizar la Clasificación de la carretera en estudio.
- Realizar el inventario de las características geométricas existentes de la carretera en estudio y contrastarlas con lo dispuesto en el Manual de Carreteras DG-2018.
- Determinar las velocidades específicas de las curvas horizontales de la carretera en estudio y compararlas con la velocidad de diseño.
- Determinar la Velocidad de Operación para vehículos livianos (automóviles y camionetas) de la carretera en estudio.
- Determinar la consistencia por criterios de Lamm de la carretera en estudio.
- Implementar y Analizar a nivel de diseño las curvas de transición del tramo en estudio.

1.10 Descripción de los capítulos de la investigación.

1.10.1 Capítulo I: Introducción.

En éste capítulo se encuentra enmarcada el planteamiento del problema, así como también la Hipótesis, alcances, limitaciones y objetivos de la investigación.

1.10.2 Capítulo II: Marco teórico.

Se describe los antecedentes teóricos de la investigación, los cuales son clasificados como: Internacionales, Nacionales y Locales; también se fundamentará en este capítulo las bases teóricas las cuales serán utilizadas para el desarrollo de la investigación conllevando esto a la definición de términos básicos para su entendimiento de la presente investigación.

1.10.3 Capítulo III: Materiales y métodos.

Se describe la ubicación donde se realizará la investigación, así como también el tiempo que durará la elaboración de la presente investigación, también se detallará la metodología a realizar, así también las diferentes herramientas que se usarán para el procesamiento de la información tomada en campo.

1.10.4 Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados.

Se desarrollará la descripción, explicación y discusión de los resultados acorde a los objetivos planteados en la investigación, esto enfocado en el análisis comparativo de velocidades específicas de cada una de las curvas que presenta en tramo carretero que va desde el Centro Poblado de Porcón Alto hasta el empalme de la carretera 3N – 8A, con la velocidad de operación representado por el percentil 85, e implementado un rediseño de las curvas existentes aplicando curvas de transición.

1.10.5 Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.

Se describirá los resultados obtenidos por cada uno de los objetivos planteados en la investigación, así como también los diferentes aspectos en los que se podría ampliar la investigación en temas de seguridad vial del tramo carretero Centro Poblado de Porcón Alto hasta el empalme de la carretera 3N – 8A.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Teóricos

2.1.1 Antecedentes Internacionales:

(García García, Camacho Torregrosa, & Díaz Gracia, 2016), Es un estudio presentado en el Congreso de Ingeniería del Transporte – XII en la Universidad Politécnica de Valencia, siendo el objetivo principal la mejora del conocimiento sobre cómo influye la longitud de las rectas en la consistencia del diseño geométrico ya que, a mayores longitudes recta éstas fomentan a que los conductores circulen a mayor velocidad, y como consecuencia de ello, son grandes las reducciones de velocidad para afrontar las curvas posteriores y por ende a una inadecuada consistencia y esto presenta correlación con una mayor siniestralidad en la carretera. El estudio en mención a concluido lo siguiente:

- El comportamiento general de los conductores es iniciar su aceleración antes de que concluya la primera curva y completar su desaceleración ya dentro de la segunda curva, Por Tanto, se ha encontrado que hay una longitud de recta efectiva mayor que la longitud geométrica y el modelo resultante es muy simple, ya que la longitud efectiva parece guardar relación constante con la longitud geométrica. Siendo la primera aproximadamente 145 m superior a la última, sin que influya otras variables.
- A mayor longitud de recta, los conductores se aproximan más a su velocidad deseada, Esta relación presenta cierta dispersión debida a la influencia de otras variables, como la velocidad de operación de las curvas adyacentes. También influye el nivel de la velocidad de operación de referencia del segmento, que es la máxima observada a lo largo del mismo.

(Cifuentes Opsina, 2014), Es una tesis de postgrado la cual tiene como objetivo principal la evaluación de la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad vial a partir de un modelo de auditoria de seguridad vial en la carretera Bogotá-Villavicencio en el tramo comprendido entre el Túnel de Boquerón a Puente Quetame, en la etapa de operación del tramo existente y en etapa de diseño propuesto actualmente. El estudio en mención a concluido lo siguiente:

- La vía actual presenta inconsistencias en la cual se presentan curvas de radio pequeño localizadas a corta distancia de la finalización de curvas de radio grande. La presencia de elementos peligrosos en las zonas laterales de la vía en todo su recorrido aumenta la probabilidad de accidentes. Es recomendable que algunos de estos pueden ser removidos, otros pueden ser señalizados o protegidos con sistemas de redireccionamiento y contención técnicamente diseñados y colocados para que actúen con eficacia.
- El tramo crítico de accidentalidad está en el tramo comprendido entre Chipaque y Caqueza en el sentido Bogotá- Villavicencio, en el cual, durante los tres años, presenta los datos de accidentalidad más altos con muertos, mostrando igualmente los mayores indicadores de accidentalidad; por lo cual se considera un tramo de alto riesgo de accidente. Esto en relación con las características de la vía concurda por ser un tramo conflictivo por pasos peatonales, problemas de señalización, accesos no señalizados y/o controlados, curvas con velocidades altas y continúan curvas con radios grandes, pendientes fuertes, poca visibilidad, tramos de radios y entre tangencias cortas, taludes y estacionamiento al lado de la vía.

(Posada-Henao, Cadavid Agudelo, & Castro Gómez, 2014), Es un artículo en el cual se presenta el concepto de consistencia en el diseño de carreteras y sus diferentes enfoques, mostrando los principales modelos que se han aplicado y que se aplican actualmente según el perfil de velocidad, el cual se basa en la velocidad de operación a la cual se observa que los conductores operan sus vehículos en condiciones de flujo libre a lo largo de la carretera, a la vez se realiza una propuesta para unificar varios de los modelos existentes que posean características similares, obteniendo como resultado altos coeficientes de correlación que soportan su validez, concluyendo el estudio con lo siguiente:

- El estudio y análisis de los modelos permite identificar que en algunos se obtienen valores negativos de la velocidad lo que indica que cada modelo expone un rango de variables en el cual funciona adecuadamente. La mayoría de los modelos analizados presentan un comportamiento adecuado para curvas con radios mayores a 40 m y menores a 300 m aproximadamente.
- Se pudieron encontrar modelos para predecir la velocidad de operación de los vehículos, que unifican algunos existentes, con altos coeficientes de correlación

indicando su validez; sin embargo, algunos presentan variaciones superiores a 10 km/h con respecto al modelo original. Se determina que el modelo unificado que mejor se ajusta a los modelos originales es el que relaciona curvas horizontales con pendientes entre 0% y 4%, que muestra variación no mayor a 5 km/h.

2.1.2 Antecedentes Nacionales:

(Turpo Cayo, 2018), Es una tesis la cual plantea como objetivo principal la determinación de las velocidades de operación de los vehículos livianos, buses, camiones y tráileres, de la carretera Puno – Juliaca, progresivas Km 1349+000 al Km 1353+000 en la región Puno, demostrando que éstas son superiores a la velocidad de diseño preestablecida para la vía actual, además de comparar el diseño geométrico de la vía actual con un nuevo rediseño con la velocidad de operación obtenida, concluyendo con lo siguiente:

- La velocidad de operación y velocidad de diseño en la carretera Puno – Juliaca, en el tramo KM 1349+000 – KM 1353+000, tiene una diferencia significativa estadísticamente entre ambas velocidades, donde la velocidad de operación es mayor a la velocidad de diseño. Así mismo de acuerdo al análisis de percentiles se aprecia que la velocidad de operación en los vehículos ligeros tiene una diferencia hasta 30Km/h, en los buses se tiene una diferencia hasta 20km/h, en camiones hasta una diferencia de 18km/h y en los tráileres la diferencia llega a 12Km/h. Además, se verifico que de la Curva N° 14 a la curva N°20 se tiene velocidades de operación de diferencia importante con la velocidad de diseño, con lo que se concluye que uno de causas para los accidentes de tránsito es el exceso de velocidad.
- Mediante el rediseño geométrico con la velocidad de operación según la Norma DG-2018, se demostró que el diseño geométrico en la carretera Puno – Juliaca, tramo KM 1349+000 – KM 1353+000 carece de la aplicación de la norma peruana DG-2018, esto debido a la antigüedad de la carretera. Entre las deficiencias resaltantes es la no aplicación de curvas espirales, longitud de curva, longitudes de tramos en tangente (S y O) peraltes, sobreechornos, ancho de calzada y berma; los cuales no brindan la seguridad para desarrollar con las velocidades de operación.

2.1.3 Antecedentes Locales:

(Flores Chugnas, 2019), Es una tesis la cual plantea como objetivo primordial la realización de la evaluación de la seguridad vial de la carretera Namora – Matara perteneciente al departamento de Cajamarca – Perú, en función a los parámetros de diseño y señalización para obtener una carretera segura y cómoda, concluyendo con lo siguiente:

- Después de determinar los parámetros geométricos y comparar con la DG - 2018 resultó que la distancia de visibilidad de paso, no cumplen en un 77.78%; los radios mínimos no cumplen en un 36.11%, los peraltes no cumplen en un 27.78%; los sobrecanchos no cumplen en un 11.43%, el ancho mínimo de calzada no cumple en un 60% de toda la longitud; el ancho de bermas no cumple en un 100% en todo el tramo, las pendientes mínimas y máximas no cumplen en un 13.64% y la longitud de las curvas verticales convexas y cóncavas no cumplen en un 20% y 10% respectivamente. El inventario refleja la existencia de 108 señales verticales, de las cuales un 86.11% se califican como “Bueno”, un 10.19% “Regular” y un 3.70% en “Mal estado”. Las señales horizontales o marcas en el pavimento están en buen estado.

(Huamán Huamán, 2019), La tesis en mención tiene objetivo principal evaluar la seguridad vial de la carretera Cajamarca – Bambamarca Tramo Km 0+000 – Km 14+000 Porcón Bajo, a través de la comparación de las características geométricas existentes con los parámetros de diseño del manual de carreteras DG-2018 y el estudio de accidentabilidad, concluyendo con lo siguiente:

- Al comparar las características geométricas de la carretera se determinó; longitud de tramos en tangente no cumplió en un 74%, los radios en las curvas no cumplió en un 37%; los peraltes no cumplieron en un 62%, la longitud de curva horizontal no cumplen en un 99%, las pendientes no cumplen en un 16%, las longitudes de curvas verticales no cumplen en un 20%, las banquetas de visibilidad no cumplieron en un 18%, el ancho de bermas y calzada no cumplieron en un 80%, los sobrecanchos no cumplieron en un 9%. En total no cumple con las especificaciones técnicas del manual DG-2018, el 59.5 % del tramo en estudio.
- Se determinaron 5 puntos críticos: el Km 02+500 con un 33 % de accidentes suscitados; mientras que en el Km 08+020, Km 6+200 y Km 10+120 tuvieron 17% de accidentes y finalmente en el Km 12+500 con 16 % de accidentes.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Carreteras

Las carreteras pueden definirse como vías de dominio y uso público, proyectadas y construidas para la circulación de vehículos automóviles. Las carreteras de un país pueden clasificarse por su función, teniendo en cuenta el tipo de recorridos que se hace por ellas y el área a la que sirven. (Kraemer, y otros, 2009)

Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos 2 ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2 Clasificación de Carreteras

Las carreteras se pueden clasificar según su demanda, orografía; y por su jerarquía dentro del Sistema Nacional de Carreteras.

2.2.2.1 Clasificación de carreteras según su demanda

2.2.2.1.1 Autopistas de Primera Clase

Son carreteras con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6 000 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central mínimo de 6.00 m; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.1.2 Autopistas de Segunda Clase

Son carreteras con un IMDA entre 6000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.1.3 Carreteras de Primera Clase

Son carreteras con un IMDA entre 4 000 y 2 001 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.60 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.1.4 Carreteras de Segunda Clase

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad. La superficie de rodadura de estas carreteras debe ser pavimentada. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.1.5 Carreteras de Tercera Clase

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Estas carreteras pueden funcionar con soluciones denominadas básicas o económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos; o en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.1.6 Trochas Carrozables

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.2 Clasificación de carreteras según su orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazo, se clasifican en;

2.2.2.2.1 Terreno plano (tipo 1)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía, menores o iguales al 10% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores de tres por ciento (3%), demandando un mínimo de movimiento de tierras, por lo que no presenta mayores dificultades en su trazo. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.2.2 Terreno ondulado (tipo 2)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos rectos, alternados con curvas de radios amplios, sin mayores dificultades en el trazo (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.2.3 Terreno accidentado (tipo 3)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazo. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.2.2.4 Terreno escarpado (tipo 4)

Tiene pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100% y sus pendientes longitudinales excepcionales son superiores al 8%, exigiendo el máximo de movimiento de tierras, razón por la cual presenta grandes dificultades en su trazo.

2.2.2.3 Clasificación de carreteras según su jerarquía.

La clasificación según lo estipulado en el Decreto Supremo N° 017-2007-MTC y su modificatoria D.S. N° 006-2009-MTC, según el *Título I Clasificación y Jerarquización Vial, Capítulo I Sistema Nacional de Carreteras, Artículo 4° Del Sistema Nacional de Carreteras:*

El Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) se jerarquiza en las siguientes tres redes viales: Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal o Rural, según los criterios señalados en el artículo 8° del presente Reglamento (MTC, Reglamento de Jerarquización Vial, 2007)

2.2.2.3.1 Red Vial Nacional

Corresponde a las carreteras de interés nacional conformada por los principales ejes longitudinales y transversales, que constituyen la base del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Sirve como elemento receptor de las carreteras Departamentales o Regionales y de las carreteras Vecinales o Rurales (MTC, Reglamento de Jerarquización Vial, 2007)

2.2.2.3.2 Red Vial Departamental o Regional

Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito de un gobierno regional. Articula básicamente a la Red Vial Nacional con la Red Vial Vecinal o Rural (MTC, Reglamento de Jerarquización Vial, 2007)

2.2.2.3.3 Red Vial Vecinal o Rural

Conformada por las carreteras que constituyen la red vial circunscrita al ámbito local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito, éstos entre sí, con centros poblados o zonas de influencia local y con las redes viales nacional y departamental o regional. (MTC, Reglamento de Jerarquización Vial, 2007)

2.2.3 Vehículos de Diseño.

El Diseño Geométrico de Carreteras se efectuará en concordancia con los tipos de vehículos, dimensiones, pesos y demás características, contenidas en el Reglamento Nacional de Vehículos vigente. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Las características de los vehículos tipo indicados, define los distintos aspectos del dimensionamiento geométrico y estructural de una carretera. Así, por ejemplo:

- El ancho del vehículo adoptado incide en los anchos del carril, calzada, bermas y sobreechornos de la sección transversal, el radio mínimo de giro, intersecciones y gálibo.
- La distancia entre los ejes influye en el ancho y los radios mínimos internos y externos de los carriles.
- La relación de peso bruto total/potencial, guarda relación con el valor de pendientes admisibles.

Conforme al Reglamento Nacional de Vehículos, se consideran como vehículos ligeros aquellos correspondientes a las categorías L (Vehículo automotores con

menos de cuatro ruedas) y M1 (Vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros con ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor). (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Serán considerados como vehículos pesados, los pertenecientes a las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y construidos para el transporte de mercancías), O (remolques y semirremolques) y S (combinaciones especiales de los M, N y O) (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

TABLA N° 1 Datos Básicos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras según Reglamento Nacional de Vehículos (D.S. N° 058-2003-MTC o el que se encuentre vigente)

Tipo de vehículo	Alto total	Ancho Total	Vuelo lateral	Ancho ejes	Largo total	Vuelo delantero	Separación ejes	Vuelo trasero	Radio mín. rueda exterior
Vehículo ligero (VL)	1.30	2.10	0.15	1.80	5.80	0.90	3.40	1.50	7.30
Ómnibus de dos ejes (B2)	4.10	2.60	0.00	2.60	13.20	2.30	8.25	2.65	12.80
Ómnibus de tres ejes (B3-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	14.00	2.40	7.55	4.05	13.70
Ómnibus de cuatro ejes (B4-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	15.00	3.20	7.75	4.05	13.70
Ómnibus articulado (BA-1)	4.10	2.60	0.00	2.60	18.30	2.60	6.70 / 1.90 / 4.00	3.10	12.80
Semirremolque simple (T2S1)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	6.00 / 12.50	0.80	13.70
Remolque simple (C2R1)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	10.30 / 0.80 / 2.15 / 7.75	0.80	12.80
Semirremolque doble (T3S2S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.40 / 6.80 / 1.40 / 6.80	1.40	13.70
Semirremolque remolque (T3S2S1S2)	4.10	2.60	0.00	2.60	23.00	1.20	5.45 / 5.70 / 1.40 / 2.15 / 5.70	1.40	13.70
Semirremolque simple (T3S3)	4.10	2.60	0.00	2.60	20.50	1.20	5.40 / 11.90	2.00	1

Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Tabla 202.01, pág. 27.

2.2.4 Velocidad de Diseño.

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

En el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño, se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad vial de los usuarios. Por ello, la velocidad de diseño a lo largo del trazo, debe ser tal, que los conductores o sean sorprendidos por cambios

bruscos y/o muy frecuentes de la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.4.1 Velocidad de diseño del tramo homogéneo.

La Velocidad de Diseño está definida en función de la clasificación por demanda orografía de la carretera a diseñarse. A cada tramo homogéneo se le puede asignar la Velocidad de Diseño en el rango que se indica.

TABLA N° 2 Rango de la Velocidad de Diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

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

Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Tabla 204.01, Pág. 97

2.2.4.2 Velocidad Específica.

Se la define como la máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo del elemento considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y las llantas en buen estado; las condiciones meteorológicas, del tránsito y las regulaciones son tales que no imponen limitaciones a la velocidad (Cárdenas Grisales, 2013)

La velocidad máxima de un vehículo en un momento dado, está en función principalmente, a las restricciones u oportunidades que ofrezca el trazo de la carretera, el estado de la superficie de la calzada, las condiciones climáticas, la intensidad del tráfico y las características del vehículo. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

En tal sentido, es necesario dimensionar los elementos geométricos de la carretera, en planta, perfil y secciones transversales, en forma tal que pueda ser recorrida con seguridad, a la velocidad máxima asignada a cada uno de dichos elementos geométricos. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

La velocidad máxima con la que sería abordado cada elemento geométrico, es la Velocidad Específica con la que se debe diseñar. El valor de la Velocidad Específica de un elemento geométrico depende esencialmente de los siguientes parámetros: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

- Del valor de la Velocidad de Diseño del Tramo Homogéneo en que se encuentra incluido el elemento. La condición deseable que a la mayoría de los elementos geométricos que integran el tramo homogéneo se le puede asignar como Velocidad Específica, el valor de la Velocidad de Diseño del Tramo. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)
- De la geometría del trazo inmediatamente antes del elemento considerado, teniendo en cuenta el sentido de los vehículos realiza el recorrido. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Para asegurar la mayor homogeneidad posible en la Velocidad Específica de curvas y tangentes, lo que necesariamente se traduce en mayor seguridad para los usuarios, **requiere que las Velocidades Específicas de los elementos que integran un tramo homogéneo sean iguales a la velocidad de Diseño del tramo o no superen esta velocidad en más de veinte kilómetros por hora.** (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.4.3 Velocidad de Operación.

Es la velocidad máxima a la que puede circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, esto del pavimento, metrológicas y grado de relación

de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Si el tránsito y las interferencias son bajas, la velocidad de operación del vehículo es del orden de la velocidad de diseño por tramo homogéneo, no debiendo sobrepasar a ésta. A medida que el tránsito crece, la interferencia entre vehículos aumenta, teniendo a bajar la velocidad de operación del conjunto. Este concepto es básico para evaluar la calidad del servicio que brinda una carretera, así como parámetros de comparación, entre una vía existente con características similares en una vía en proyecto, a fin de seleccionar una velocidad de diseño por tramos homogéneos, la más acorde con el servicio que se desee brindar. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Un concepto utilizado para la mejora estimación de la velocidad de operación, es el denominado percentil 85 de la velocidad, que consiste en determinar la velocidad bajo la cual circula el 85% de los vehículos. Considerando la velocidad de operación en cada punto del camino, es posible construir un diagrama de velocidad de operación: velocidad de operación – distancia, donde se podrán apreciar aquellos lugares que puedan comprometer la seguridad en el trazo. El análisis del indicado diagrama, constituye el método más común, para evaluar la consistencia del diseño geométrico. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.4.4 Velocidad del percentil 85.

Para muchos estudios de trazado o de regulación de tráfico no es adecuado considerar la velocidad media como velocidad de proyecto, porque el 50 por 100 de vehículos circulan a velocidad superior; interesa utilizar una velocidad que sea sobrepasada por un número reducido de vehículos. Se utiliza frecuentemente la velocidad correspondiente al percentil 85 (velocidad que sólo es sobrepasada por el 15 por 100 de los vehículos) de la distribución de turismo, que son los más rápidos. Esta velocidad del percentil 85 suele ser alrededor de un 20 por 100 superior de la velocidad media. (Kraemer, y otros, 2009)

2.2.5 Parámetros de elementos geométricos en Planta.

2.2.5.1 Tramos en Tangente.

Las longitudes mínimas admisibles y máximas deseables de los tramos en tangente, en función de la velocidad de diseño, serán las indicadas: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

TABLA N° 3 Longitudes de tramos en tangente

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

Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Tabla 302.01, pág. 127

Dónde:

$L_{\text{min.s}}$: Longitud mínima (m) para trazados en “S” (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura de sentido contrario).

$L_{\text{min.o}}$: Longitud mínima (m) para el resto de casos (alineamiento recto entre alineamientos con radios de curvatura del mismo sentido).

$L_{\text{máx}}$: Longitud máxima deseable (m).

V : Velocidad de diseño (km/h)

2.2.5.2 Distancias de Visibilidad.

2.2.5.2.1 Distancias de Visibilidad de Parada.

La DG-2018 la define como la mínima distancia requerida para que se detenga un vehículo que viaja a una velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmóvil que se encuentra en su trayectoria, la distancia de parada en pavimentos húmedos, se calcula mediante la siguiente fórmula: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

$$Dp = 0.278 * V * t_p + 0.039 \frac{V^2}{a} \quad \text{Ecuación ... (1)}$$

Donde:

Dp : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de Diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

a : Desaceleración en m/s² (serpa función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

La ecuación anterior es válida para tramos en pendientes inferiores a 3%, tanto en ascenso como en descenso, así como también, la norma recomienda utilizar u tiempo de percepción mas reacción de 2.50 segundos y una desaceleración de 3.40 m/s²; para el caso donde la vía tenga una pendiente superior al 3%, la distancia de parada se puede calcular como:

$$Dp = 0.278 * V * t_p + \frac{V^2}{254[(\frac{a}{9.81}) \pm i]} \quad \text{Ecuación ... (2)}$$

Donde:

Dp : Distancia de parada (m)

V : Velocidad de Diseño (km/h)

t_p : Tiempo de percepción + reacción (s)

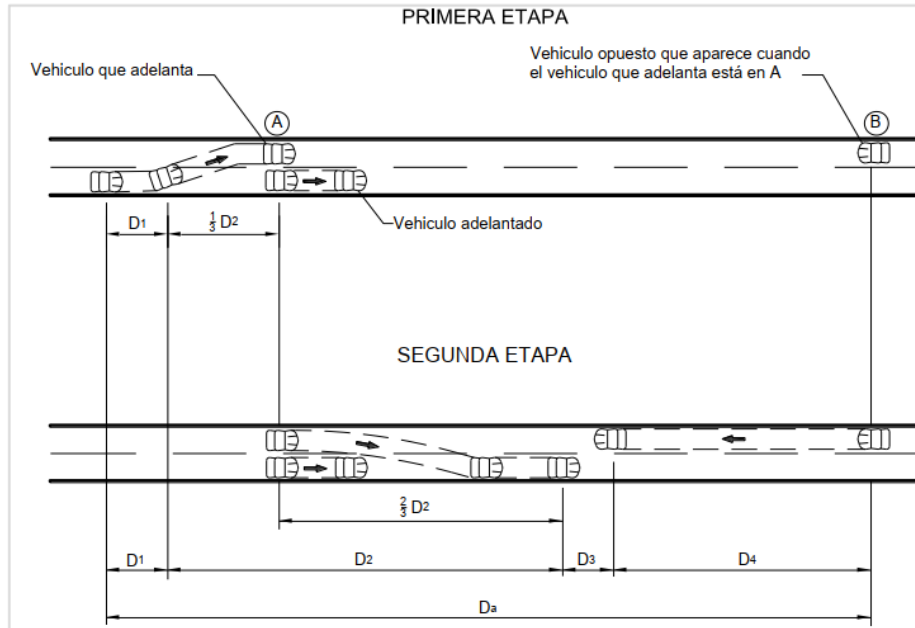
a : Desaceleración en m/s² (serpa función del coeficiente de fricción y de la pendiente longitudinal del tramo).

i : Pendiente longitudinal (tanto por uno), dependiente del sentido de circulación.

2.2.5.2.2 Distancias de Visibilidad de adelantamiento.

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

FIGURA N° 1 Distancia de adelantamiento



Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 205.02, pág. 107.

La distancia de adelantamiento viene a ser la suma de cuatro distancias según la figura N° 1.

$$D_a = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \quad \text{Ecuación ... (3)}$$

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 realiza la maniobra durante el tiempo desde que invade el carril en 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 que viene en sentido contrario (Estimada en $\frac{2}{3}$ de D_2) (m)

Por seguridad la maniobra de adelantamiento se calcula con la velocidad específica de la tangente en la que se efectúa la maniobra, en condiciones homogéneas, la Velocidad Específica de las curvas y tangentes, lo que se traduce en mayor seguridad, requiere que sean iguales a la velocidad de diseño del

tramo o no superen esta velocidad en más de 20 km/h, con esto se puede deducir que la velocidad tomada puede ser también la velocidad de diseño del tramo.

$$D_1 = 0.278 * t_1 * (V - m + \frac{a * t_1}{2}) \quad \text{Ecuación ... (4)}$$

Donde:

V : Velocidad del vehículo que adelante (km/h)

t₁ : Tiempo de maniobra (s)

a : Promedio de aceleración que el vehículo necesita para iniciar el adelantamiento (km/h/s)

m : Diferencia de velocidades entre el vehículo que adelanta y el que es adelantado, igual a 15 km/h en todos los casos

$$D_2 = 0.278 * V * t_2 \quad \text{Ecuación ... (5)}$$

Donde:

V : Velocidad del vehículo que adelante (km/h)

t₂ : Tiempo empleado por el vehículo en realizar la maniobra para volver a su carril (s)

$$D_3 = \text{Distancia variable entre 30 y 90 m} \quad \text{Ecuación ... (6)}$$

$$D_4 = \frac{2}{3} D_2 \quad \text{Ecuación ... (7)}$$

Los parámetros de tiempo y promedio de aceleración se definirán en función del rango de velocidades específicas que tenga la tangente en la que se efectúa la maniobra y la velocidad del vehículo que adelanta, según la siguiente tabla.

TABLA N° 4 Elementos que conforman la distancia de adelantamiento

COMPONENTE DE LA MANIOBRA DE ADELANTAMIENTO	RANGO DE VELOCIDAD ESPECÍFICA EN LA TANGENTE EN LA QUE SE EFECTÚA LA MANIOBRA (km/h)			
	50-65	66-80	81-95	96-110
	VELOCIDAD DEL VEHÍCULO QUE ADELANTA, V(km/h)			
	56.2 ¹	70 ¹	84.5 ¹	99.8 ¹
<u>Maniobra inicial:</u>				
a: Promedio de aceleración (Km/h/s)	2.25	2.3	2.37	2.41
t ₁ : Tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d ₁ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	45	66	89	113
<u>Ocupación del carril contrario:</u>				
t ₂ : Tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d ₂ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	145	195	251	314
<u>Distancia de seguridad:</u>				
d ₃ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	30	55	75	90
<u>Vehículos en sentido opuesto:</u>				
d ₄ : Distancia de recorrido en la maniobra (m)	97	130	168	209
$D_a = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$	317	446	583	726

Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Tabla 205.02, pág. 108.

2.2.5.3 Elementos de curva circular.

Las curvas horizontales circulares simples son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tramos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

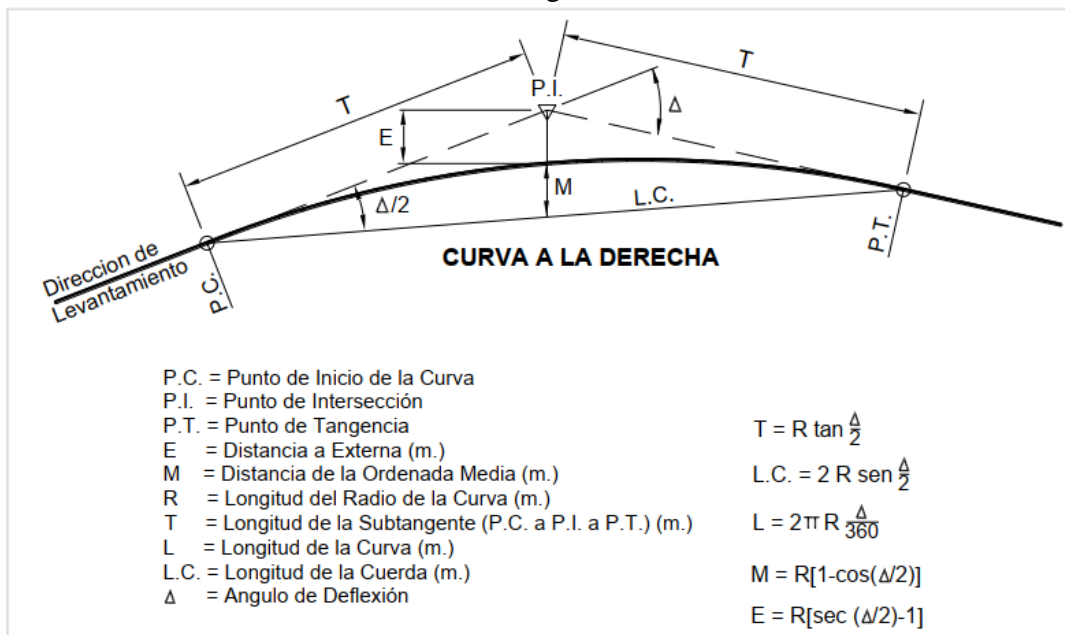
2.2.5.3.1 Elementos de la curva circular.

Los elementos y nomenclatura de las curvas horizontales circulares que a continuación se indican, deben ser utilizadas sin ninguna modificación y son las siguientes: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

- P.C. : Punto de inicio de la curva
- P.I. : Punto de Intersección de 2 alineaciones consecutivas
- P.T. : Punto de tangencia
- E : Distancia a externa (m)
- M ; Distancia de la ordenada media (m)

- R : Longitud de radio de la curva (m)
- T : Longitud de subtangente (P.C a P.I y P.I a P.T) (m)
- L : Longitud de la curva (m)
- L.C : Longitud de la cuerda (m)
- Δ : Ángulo de deflexión ($^{\circ}$)
- p : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada asociada al diseño de la curva (%)
- Sa : Sobreebanco que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimental los vehículos al describir la curva (m)

FIGURA N° 2 Simbología de la curva circular



FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 302.01, pág. 128.

Longitud de la Subtangente (P.C. a P.I a P.T.) (T) (m)

$$T = R \left[\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right) \right] \quad \text{Ecuación ... (8)}$$

Longitud de Cuerda (L.C.) (m)

$$L.C. = 2R \left[\operatorname{Sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right) \right] \quad \text{Ecuación ... (9)}$$

Longitud de Curva (L) (m)

$$L = 2\pi R \left(\frac{\Delta}{360} \right) \quad \text{Ecuación ... (10)}$$

Longitud de la Ordenada media (M) (m)

$$M = R[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)] \quad \text{Ecuación ... (11)}$$

Distancia a Externa (E)

$$E = R[\sec\left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1] \quad \text{Ecuación ... (12)}$$

2.2.5.3.2 Radios mínimos.

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad, para cuyo cálculo se puede utilizar la siguiente formula: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127 (P_{\max} + f_{\max})} \quad \text{Ecuación ... (13)}$$

Dónde:

R_{\min} : Radio mínimo.

V : Velocidad de diseño

P_{\max} : Peralte máximo asociado a V (en tanto por uno)

f_{\max} : Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

Los radios mínimos y peraltes máximos para el diseño de carreteras son:

TABLA N° 5 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras

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

Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Tabla 302.02, pág. 129.

Entendiéndose como velocidad específica aquella velocidad máxima con la que puede ser abordado un elemento de carretera considerándolo aislado, en condiciones de seguridad, comodidad y de las restricciones y u oportunidades que ofrezca el trazo se puede deducir que para cada curva con parámetros particulares tales como radio, peralte y fricción, se puede obtener una velocidad específica, siendo esta la velocidad máxima teórica que ofrezca seguridad y comodidad al conductor

La ecuación para determinar la velocidad específica de cada elemento de curva puede ser definida como:

$$V_{\text{esp}} = \sqrt{127[R_i (P_i + f_{\text{máx}})]} \quad \text{Ecuación ... (14)}$$

Para la determinación de las fricciones transversales máximas se utilizará la siguiente tabla:

TABLA N° 6 Tabla de coeficiente de fricción transversal máxima

Velocidad (Km/h)	Coef. De fricción transversal
40	0.185
50	0.165
60	0.157
70	0.152
80	0.144
100	0.133
120	0.122

FUENTE: Invias

El coeficiente de fricción está en función de la velocidad, y teniendo como premisa que el diseño de la carretera fue elaborado con una velocidad de diseño, se determinará el coeficiente de fricción transversal en función de la velocidad de diseño planteada para el tramo homogéneo de carretera.

2.2.5.3.3 Verificación de la distancia de visibilidad.

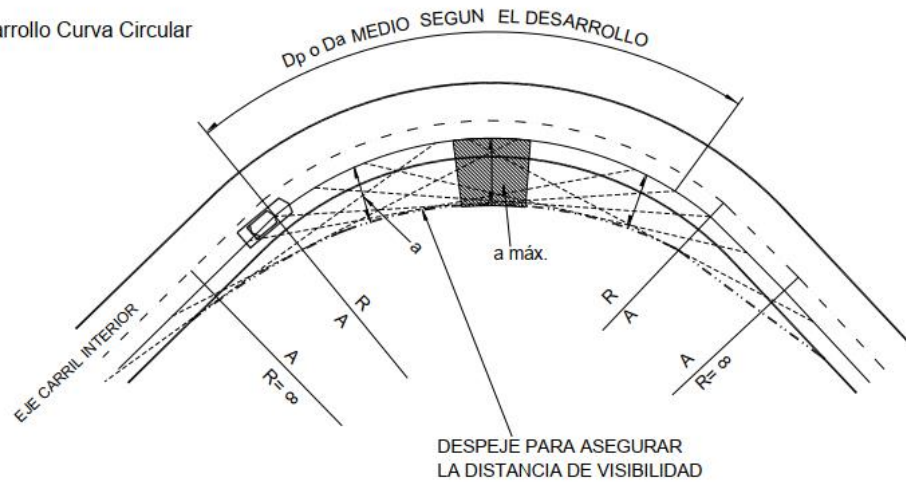
En el análisis de las distancias de visibilidad en curvas horizontales se debe de realizar con la distancia de visibilidad de parada debido a que no es factible realizar maniobras de adelantamiento en curvas circulares ya que cabe la posibilidad de ocurrencia de accidentes y esto se ve reflejado aún más cuando la vía presenta una orografía transversal mayor al tipo 2.

La norma específica que existen dos casos de análisis para la verificación de distancias de visibilidad, el primero cuando la distancia de visibilidad es menor al desarrollo de la curva circular y cuando la distancia de visibilidad supera al desarrollo de la curva tal como se muestra en la siguiente figura.

FIGURA N° 3 Caso I: Distancia de Visibilidad < Desarrollo de curva circular

CASO I :

Dp o Da < Desarrollo Curva Circular



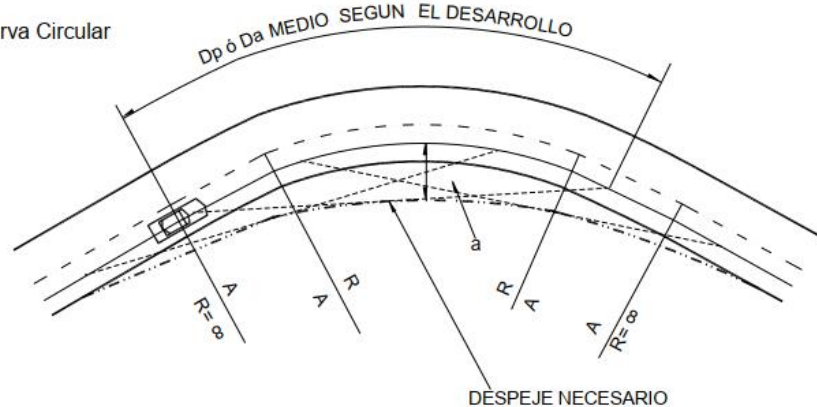
Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 302.20, Pág.

164

FIGURA N° 4 Caso I: Distancia de Visibilidad > Desarrollo de curva circular

CASO II :

Dp o Da > Desarrollo Curva Circular



Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 302.20, Pág.

164.

Para que exista la distancia de visibilidad debe de existir una distancia “a” en metros denominada ancho de despeje; para el Caso I, la norma específica la necesidad de un ancho máximo para lograr la distancia de visibilidad necesaria y se plantea su cálculo con la siguiente fórmula:

$$a_{m\acute{a}x} = \frac{Dv^2}{8R} \quad \text{Ecuación ... (15)}$$

Donde:

Dv : Distancia de visibilidad de parada máxima requerida (m).

R : Radio de curva horizontal (m)

Cuando se trata del Caso II, es necesario aplicar métodos gráficos para determinar el ancho de despeje que requiere para asegurar una distancia de visibilidad; La norma DG-2018 en su apéndice de banquetas de visibilidad plantea que en curvas horizontales se deberá asegurar la visibilidad de distancia mínima de parada, para ello, la línea de visibilidad deberá ser por lo menos igual a la distancia de parada correspondiente, y se mide a lo largo del eje del centro del carril interior a la curva, el mínimo ancho que deberá quedar libre a la visibilidad será:

$$a_{\text{mín}} = R \left(1 - \cos \frac{28.65 \cdot D_p}{R} \right) \quad \text{Ecuación ... (16)}$$

Donde:

a_{mín} : Ancho mínimo libre (m).

R : Radio de curva horizontal (m)

Dp : Distancia de parada (m)

2.2.5.3.4 Curvas de Transición.

Las curvas de transición, son espirales que tienen por objetivo evitar las discontinuidades en la curvatura del trazo, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética, que el resto de los elementos del trazo. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Con tal finalidad y a fin de pasar de la sección transversal con bombeo (correspondiente a los tramos en tangente), a la sección de los tramos en curva provistos de peralte y sobreebanco, es necesario intercalar un elemento de diseño, con una longitud en la que se realice el cambio gradual, a la que se conoce con el nombre de longitud de transición. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.5.3.4.1 Tipo de curva de transición.

Se adoptará en todos los casos, la clotoide como curva de transición cuyas ventajas son:

- El crecimiento lineal de su curvatura permite una marcha uniforme y cómoda para el usuario, de tal modo que la fuerza centrífuga aumenta o disminuye en la medida que el vehículo ingresa o abandona la curva horizontal, manteniendo inalterada la velocidad y sin abandonar el eje de su carril. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)
- La aceleración transversal no compensada, propia de una trayectoria en curva, puede controlarse graduando su incremento a una magnitud que no produzca molestia a los ocupantes del vehículo. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)
- El desarrollo del peralte se logra en forma también progresiva, consiguiendo que la pendiente transversal de la calzada aumente en la medida que aumenta la curvatura. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)
- La flexibilidad de la clotoide permite acomodarse al terreno sin romper la continuidad, mejorando la armonía y apariencia de la carretera. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

La ecuación de Euler está dada por:

$$R L = A^2 \quad \text{Ecuación ... (17)}$$

Dónde:

- R : Radio de curvatura en un punto cualquiera.
- L : Longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R = \infty$) y el punto de radio R.
- A : Parámetro de la clotoide, característico de la misma.

En el punto de origen, cuando $L = 0$, $R = \infty$, y a su vez, cuando $L = \infty$, $R = 0$. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.5.3.4.2 Determinación del parámetro para una curva de transición.

Para determinar el parámetro mínimo ($A_{\text{mín}}$), que corresponde a una clotoide calculada para distribuir la aceleración transversal no compensada, a una tasa J compatible con la seguridad y comodidad, se emplea la siguiente fórmula. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{VR}{46.656j} \left(\frac{V^2}{R} - 1.27p \right)} \quad \text{Ecuación ... (18)}$$

Dónde:

- V : Velocidad de diseño (km/h).
R : Radio de curvatura (m)
J : Variación uniforme de la aceleración (m/s³)
P : Peralte correspondiente a V y R. (%)

Se adoptará para J los valores indicados:

TABLA N° 7 Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo

V (km/h)	V < 80	80 < V < 100	100 < V < 120	V > 120
J (m/s ³)	0.5	0.4	0.4	0.4
J _{máx} (m/s ³)	0.7	0.8	0.5	0.4

FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Tabla 302.09,
pág. 139

2.2.5.3.4.3 Determinación de la longitud de la curva de transición.

Los valores mínimos de longitud de la curva de transición se determinan con la siguiente fórmula: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

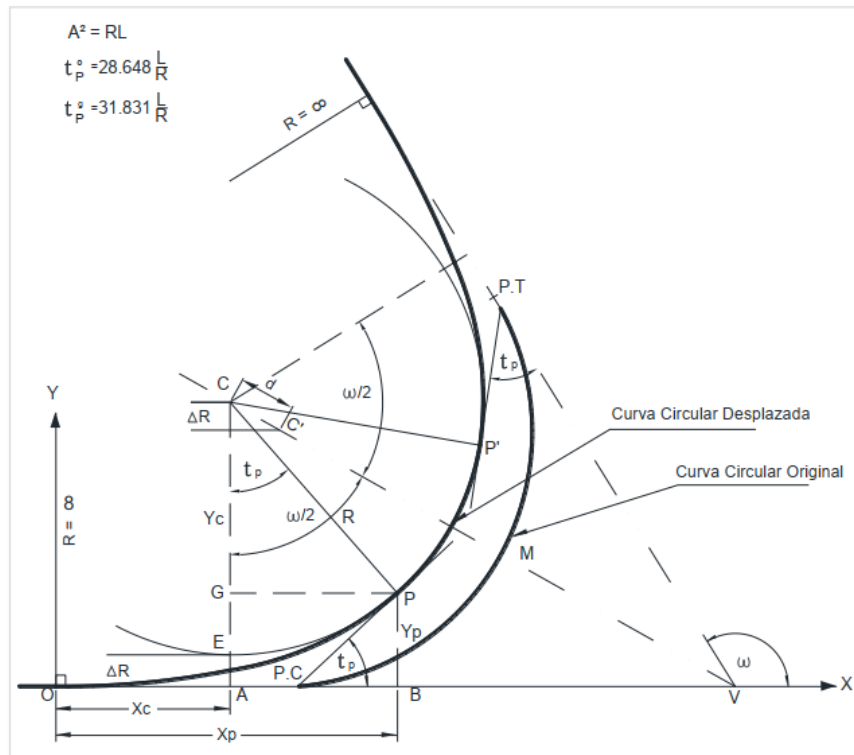
$$L_{\min} = \frac{V}{46.656j} \left[\frac{V^2}{R} - 1.27p \right] \quad \text{Ecuación ... (19)}$$

Dónde:

- V : Velocidad de diseño (km/h).
R : Radio de curvatura (m)
J : Variación uniforme de la aceleración (m/s³)
P : Peralte correspondiente a V y R. (%)

2.2.5.3.4.4 Elementos de la curva de transición – curva circular.

FIGURA N° 5 Elementos de la curva de transición – curva circular



FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 302.08, pág. 142

Dónde:

- $R(m)$: Radio de la curva circular que se desea enlazar.
- $d(m)$: Desplazamiento del centro de la curva circular original (C), a lo largo de la bisectriz del ángulo interior formado por las alineaciones, hasta (C'), nueva posición del centro de la curva circular desplazada.
- $\Delta R(m)$: Desplazamiento de la curva circular enlazada, medido sobre la normal a la alineación considerada, que pasa por el centro de la circunferencia desplazada de radio R.
- $X_p; Y_p(m)$: Coordenada de "P", punto de tangencia de la clotoide con la curva circular enlazada, en que ambos poseen un radio común R; referidas a la alineación considerada y a la normal a ésta en el punto "O", que define el origen de la clotoide y al que corresponde radio infinito.
- $X_c; Y_c(m)$: Coordenada del centro de la curva circular desplazada, referidas al sistema anteriormente descrito.
- t_p : Ángulo comprendido entre la alineación considerada y la tangente en el punto P común a ambas curvas. Mide de la desviación máxima la clotoide respecto a la alineación.
- w : Deflexión angular entre las alineaciones consideradas.

- OV (m) : Distancia desde el vértice al origen de la clotoide medida a lo largo de la alineación considerada.
- Dc (m) : Desarrollo de la curva circular, desplazada entre los puntos PP''.

De lo anterior se puede deducir las siguientes ecuaciones:

Desplazamiento del Radio:

$$\Delta R = Y_p - R[1 - \text{Cos}(t_p)] \quad \text{Ecuación ... (20)}$$

Desplazamiento del Centro:

$$d = CC' = \frac{\Delta R}{\text{Cos} \frac{w}{2}} \quad \text{Ecuación ... (21)}$$

Desplazamiento de la curva de Enlace:

$$OV = X_p + (R + \Delta R)\text{Tan} \frac{w}{2} - R\text{Sen} t_p \quad \text{Ecuación ... (22)}$$

Coordenadas de c:

$$X_c = X_p - R\text{Sen} t_p \quad \text{Ecuación ... (23)}$$

$$Y_c = Y_p + R\text{Cos} t_p \quad \text{Ecuación ... (24)}$$

Desarrollo circular de curva de transición:

$$PP'(^{\circ}) = \frac{R(w - 2t_p)}{57.296} \quad \text{Ecuación ... (25)}$$

2.2.5.3.4.5 Radios que permiten prescindir de la curva de transición.

Los radios circulares límite calculados, aceptando un $J_{\text{máx}}$ de 0.4 m/s³ y considerando que al punto inicial de la curva circular se habrá desarrollado solo un 70% del peralte necesario, son los siguientes. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

TABLA N° 8 Radios circulares límites que permiten prescindir de la curva de transición

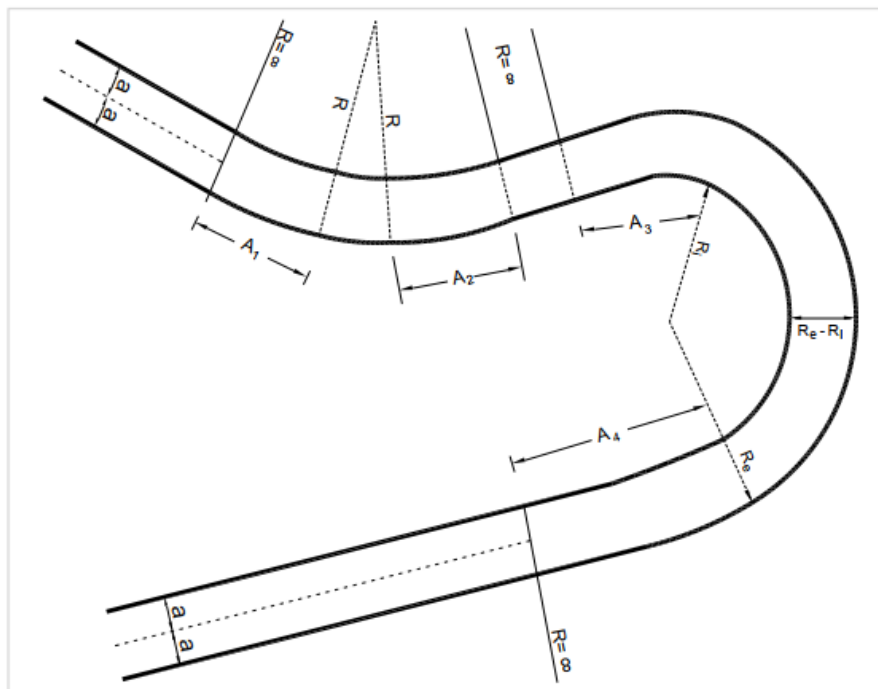
V (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
R (m)	80	150	225	325	450	600	750	900	1200	1500	1800

FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Tabla 302.11^a, pág. 146

2.2.5.3.5 Curvas de Vuelta.

Curvas las cuales nos permiten alcanzar una cota mayor sin superar las pendientes máximas y en los que no es posible superarlas con mayores desarrollos alternativos. Este tipo de curvas son utilizadas principalmente en carreteras de Primera Clase, siendo esto posible siempre y cuando el radio interior mínimo sea de 20 m.

FIGURA N° 6 Ilustración de una curva de vuelta



FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 302.13, Pág.151

Por lo estipulado previamente y del análisis de la figura n° 6, se puede determinar que el radio de curva de vuelta está en función de parámetros de la sección transversal, siendo éstos el ancho de calzada y el ancho de la berma, los cuales a

su vez están en función de la velocidad de diseño, pudiendo obtener la siguiente ecuación.

$$R_{CV} = 20 + \frac{\text{Ancho de calzada} + \text{ancho de berma}}{2} \quad \text{Ecuación ... (26)}$$

2.2.5.3.6 Transición de peralte.

Siendo el peralte la inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, la transición de peralte viene a ser la traza del borde de la calzada, en la que se desarrolla el cambio gradual de la pendiente de dicho borde, entre la que corresponde a la zona en tangente, y a la que corresponde a la zona peraltada de la curva. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

El peralte máximo se define como:

$$i_{p_{\text{máx}}} = 1.8 - 0.01 V \quad \text{Ecuación ... (27)}$$

Donde:

- $i_{p_{\text{máx}}}$: Máxima inclinación de cualquier borde de la calzada respecto al eje de la vía (%)
 V : Velocidad de diseño (km/h)

La longitud del tramo de transición de peralte tendrá por tanto una longitud mínima definida por la formula. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

$$L_{\text{mín}} = \frac{p_f - p_i}{i_{p_{\text{máx}}}} B \quad \text{Ecuación ... (28)}$$

Donde:

- $L_{\text{mín}}$: Longitud mínima del tramo de transición del peralte (m).
 p_f : Peralte final con su signo (%)
 p_i : Peralte inicial con su signo (%)
 B : Distancia del borde de la calzada del eje de giro del peralte (m).

2.2.5.3.7 Sobreanchos.

En curvas de radio pequeño y mediano, según sea el tipo de vehículo que circulan habitualmente por la carretera, ésta debe tener un sobreancho con el objeto de asegurar espacios libres adecuados (holguras), entre vehículos que se cruzan en calzadas bidireccionales o que se adelantan en calzadas unidireccionales, y en entre los vehículos y los bordes de las calzadas. El sobreancho requerido equivale al aumento del espacio ocupado transversalmente por los vehículos al describir las curvas más las holguras teóricas adoptadas (valores medios). El sobreancho no podrá darse a costa de una disminución del ancho de berma. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

El sobreancho varía en función del tipo de vehículo, radio de curva y de la velocidad de diseño, calculándose de la siguiente manera:

$$S_a = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10 \sqrt{R}} \quad \text{Ecuación ... (29)}$$

Donde:

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

2.2.6 Parámetros de elementos geométricos en Perfil.

2.2.6.1.1 Pendientes.

2.2.6.1.1.1 Pendiente mínima.

Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.50%, a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Se puede presentar los siguientes casos particulares: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

- Si la calzada posee un bombeo de 2.00% y no presenta bermas y/o cunetas, se podrá adoptar excepcionalmente sectores con pendientes de hasta 0.20%. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

- Si el bombeo es de 2.50% excepcionalmente podrá adoptarse pendientes iguales a cero. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)
- Si existen bermas, la pendiente mínima deseable será de 0.50% y la mínima excepcional de 0.35%. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)
- En zonas de transición de peralte, en que la pendiente transversal es nula, la pendiente mínima deberá ser de 0.50%. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.6.1.1.2 Pendiente máxima.

Están definidas convenientemente por la siguiente tabla:

TABLA N° 9 Pendientes máximas (%)

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

FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Tabla 303.01,

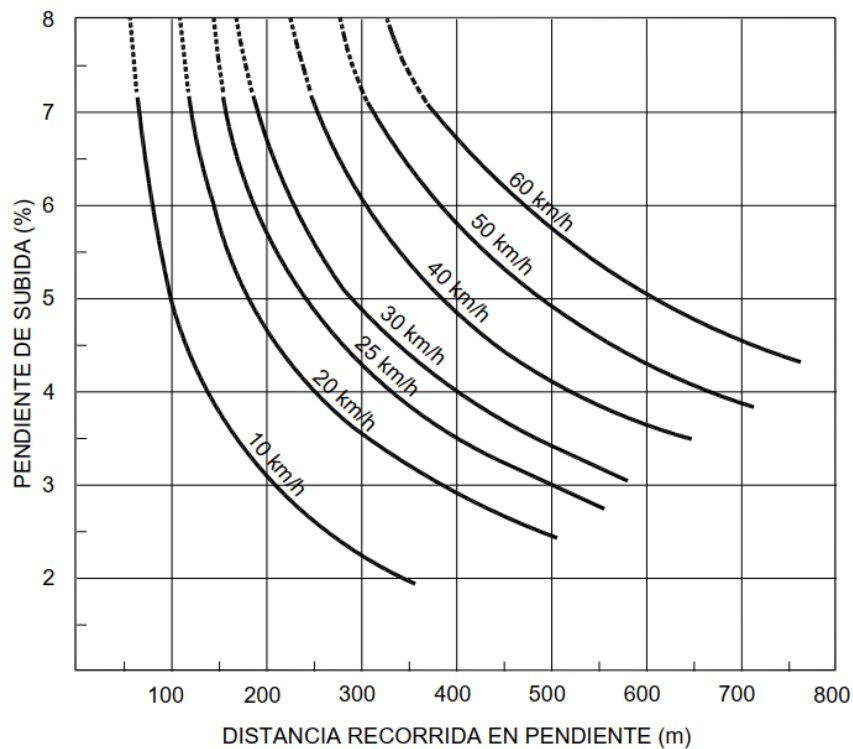
Pág. 171

Excepcionalmente, el valor de la pendiente máxima podrá incrementarse hasta en 1.00% para todos los casos, debiendo ser justificado técnica y económicamente el incremento. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.6.1.1.3 Longitud de pendientes.

La norma DG-2018 muestra los efectos que conlleva tener pendientes uniformes ascendentes sobre la velocidad de operación en camiones, la siguiente figura muestra el concepto de longitud crítica en pendientes, es decir, la combinación de magnitud y longitud de pendiente que causa un descenso de la velocidad de operación del camión en “X” Km/h, por tanto el ábaco permite establecer la longitud máxima que puede darse a una pendiente de magnitud dada, si se desea evitar que la velocidad de operación de los camiones en horizontal disminuya en más de “X” Km/h en zonas en pendientes.

FIGURA N° 7 Longitud Crítica en Pendiente



Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 303.01 (b), pág. 173

2.2.6.1.1.4 Curvas Verticales.

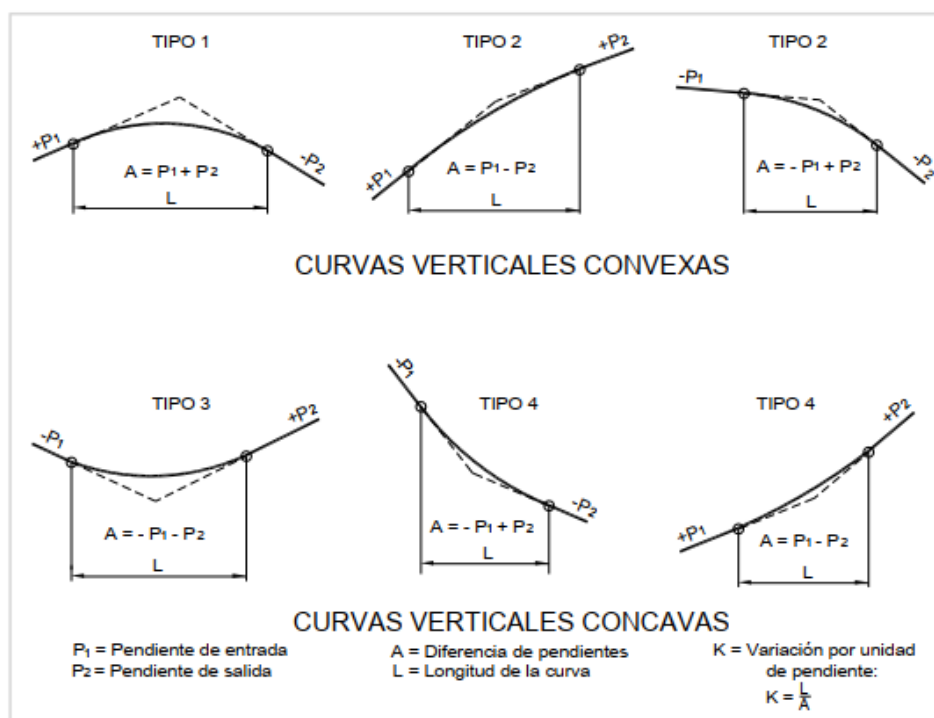
Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas, cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor de 1.00%, para carreteras pavimentadas y del 2.00% para las demás: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Dichas curvas verticales parabólicas son definidas por su parámetro de curvatura K , que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.6.1.1.5 Tipos de Curvas Verticales.

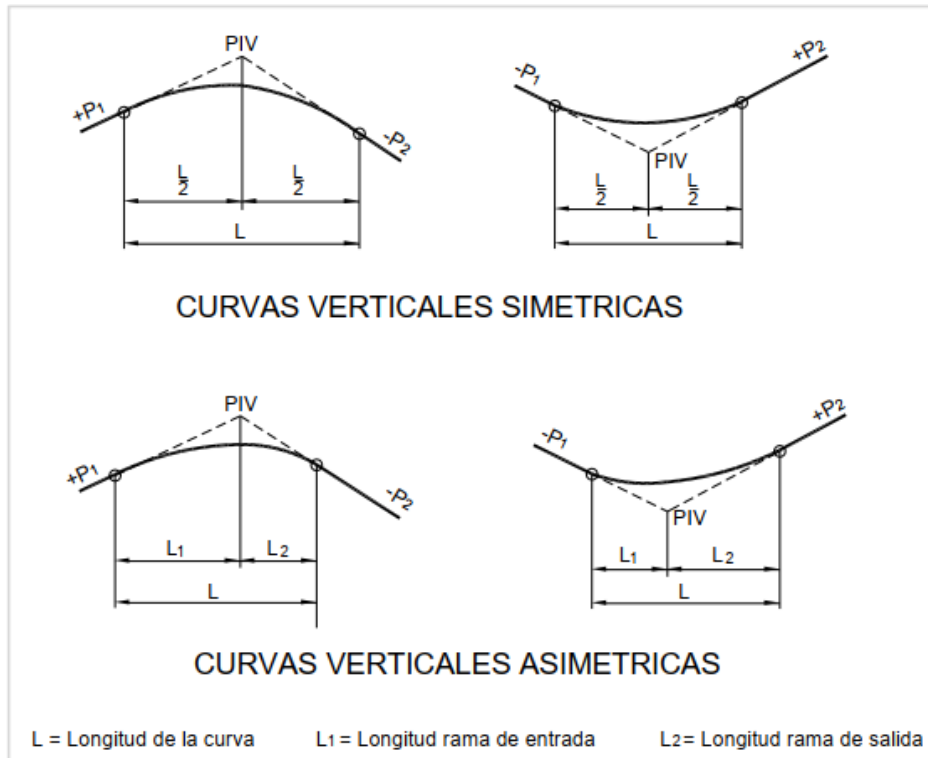
Se pueden clasificar por su forma como curvas verticales convexas y cóncavas o por la proporción entre sus ramas como simétricas o asimétricas:

FIGURA N° 8 Tipos de curvas verticales convexas y cóncavas



FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018), Figura 303.02, pág. 175.

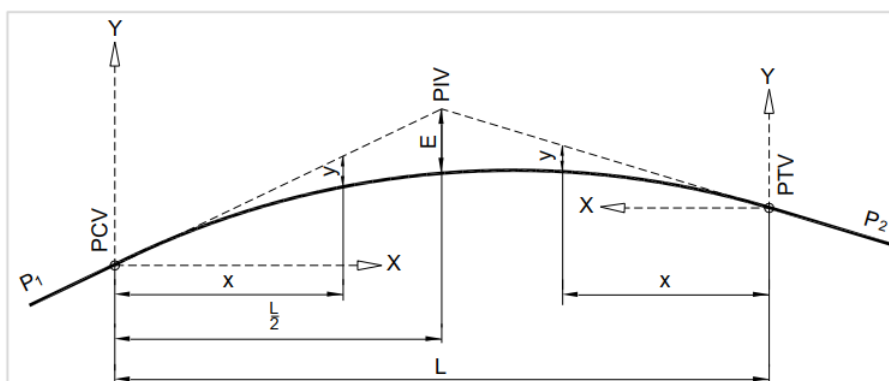
FIGURA N° 9 Tipos de curvas verticales simétricas y asimétricas



FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Figura 303.03, pág. 175.

Curva Vertical Simétrica: Conformada por dos parábolas de igual longitud, que se une en la proyección vertical del PIV. La curva vertical recomendada es parabólica cuadrática, cuyos elementos principales y expresiones matemáticas son: FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

FIGURA N° 10 Elementos de la curva vertical simétrica



FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Figura 303.04, pág. 175.

Dónde:

- PCV : Principio de la curva vertical.
 PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales.
 PTV : Término de la curva vertical.
 L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal en metros (m).
 S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%)
 S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%)
 A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S_1 - S_2| \quad \text{Ecuación ... (30)}$$

- E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

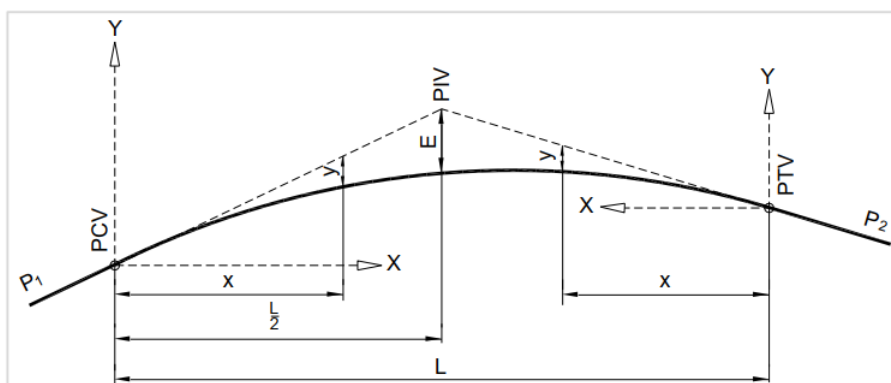
$$E = \frac{A L}{800} \quad \text{Ecuación ... (31)}$$

- X : Distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.
 Y : Ordenada vertical en cualquier punto, también llamada corrección de la curva vertical, se calcula mediante la siguiente formula:

$$y = x^2 \left(\frac{A}{200 L} \right) \quad \text{Ecuación ... (32)}$$

La curva vertical asimétrica está conformada por dos parábolas de diferente longitud (L1, L2) que se unen en la proyección vertical de PIV. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

FIGURA N° 11 Elementos de la curva vertical asimétrica



FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Figura 303.05, pág. 176.

Dónde:

- PCV : Principio de la curva vertical.
PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales.
PTV : Término de la curva vertical.
L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal en metros (m), se cumple: $L = L_1 + L_2$ y $L_1 \neq L_2$.
S1 : Pendiente de la tangente de entrada, en porcentaje (%).
S2 : Pendiente de la tangente de salida, en porcentaje (%).
L1 : Longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).
L2 : Longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal en metros (m).
A : Diferencia algebraica de pendientes, en porcentaje (%)

$$A = |S_1 - S_2| \quad \text{Ecuación ... (33)}$$

- E : Externa. Ordenada vertical desde el PIV a la curva, en metros (m), se determina con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{A L_1 L_2}{200 (L_1 + L_2)} \quad \text{Ecuación ... (34)}$$

- X1 : Distancia horizontal a cualquier punto de la primera rama de la curva medida desde el PCV.
X2 : Distancia horizontal a cualquier punto de la segunda rama de la curva medida desde el PTV.
Y1 : Ordenada vertical en cualquier punto, de la primera rama medida desde el PCV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_1 = E \left(\frac{X_1}{L_1} \right)^2 \quad \text{Ecuación ... (35)}$$

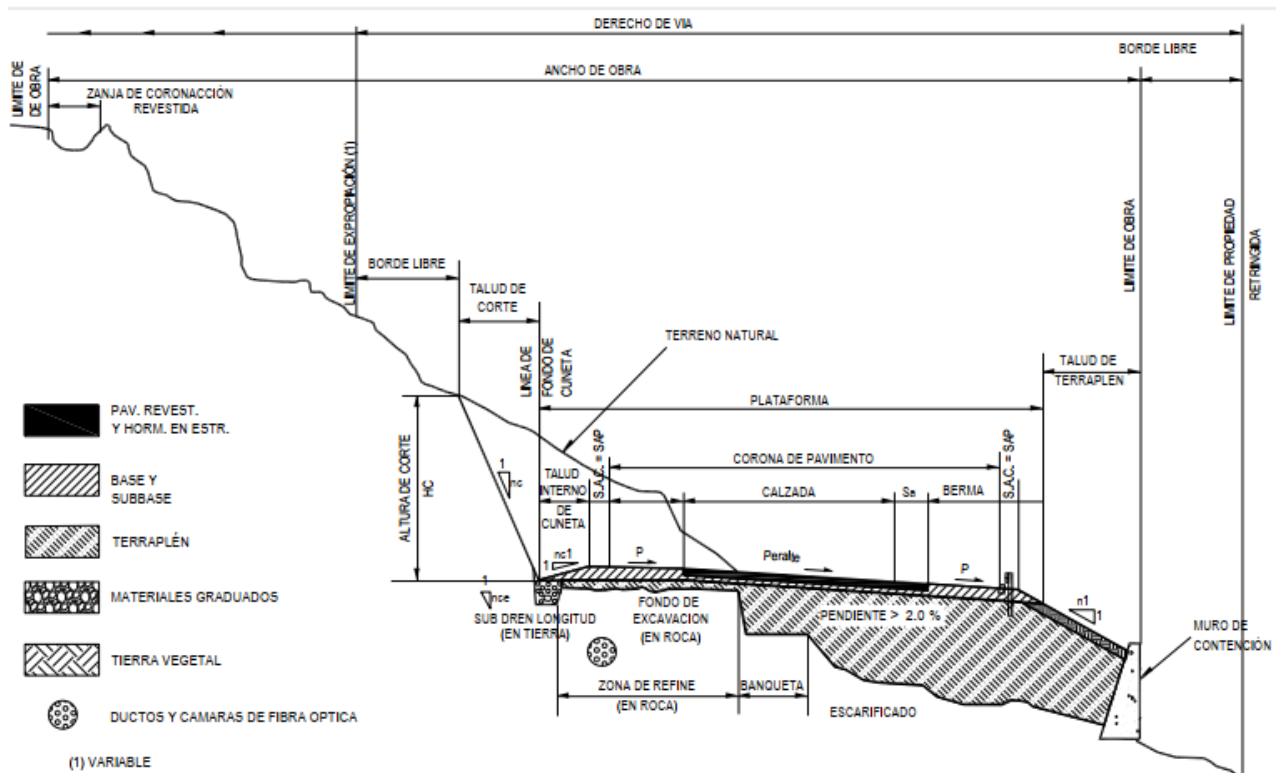
- Y2 : Ordenada vertical en cualquier punto, de la segunda rama medida desde el PTV, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$y_2 = E \left(\frac{X_2}{L_2} \right)^2 \quad \text{Ecuación ... (36)}$$

2.2.7 Parámetros de elementos geométricos de la sección transversal.

2.2.7.1 Sección Transversal Típica a media ladera - vía de dos carriles en curva

FIGURA N° 12 Sección Transversal Típica a media ladera - vías de dos carriles en curva



Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Figura 304.02, pág. 185.

2.2.7.2 Ancho de Calzada en Tangente

El ancho de la calzada en tangente, se determinará tomando como base el nivel de servicio deseado al finalizar el periodo de diseño. En consecuencia, el ancho y número de carriles se determinarán mediante un análisis de capacidad y niveles de servicio. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

TABLA N° 10 Anchos mínimos de calzada en tangente

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	Tráfico vehiculos/día				Tráfico vehiculos/día				Tráfico vehiculos/día				Tráfico vehiculos/día							
Tipo	Primera Clase				Segunda Clase				Primera Clase				Segunda Clase				Tercera Clase			
Orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			6.00	6.00
40 km/h																			6.60	6.60
50 km/h											7.20	7.20							6.60	6.60
60 km/h											7.20	7.20							6.60	6.60
70 km/h											7.20	7.20							6.60	6.60
80 km/h											7.20	7.20							6.60	6.60
90 km/h											7.20	7.20							6.60	6.60
100 km/h											7.20	7.20								
110 km/h											7.20	7.20								
120 km/h											7.20	7.20								
130 km/h											7.20	7.20								

FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Tabla 304.01, pág. 191

2.2.7.3 Bermas

Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura, de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias, En general ésta franja deberá mantener el mismo nivel de inclinación (bombeo o peralte) de la superficie de rodadura o calzada. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

TABLA N° 11 Anchos de bermas

Clasificación	Autopista				Carretera				Carretera				Carretera							
	Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día				Tráfico vehículos/día							
	Características				Características				Características				Características							
	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño: 30 km/h																			0.50	0.50
40 km/h															1.20	1.20	1.20	0.90	0.50	
50 km/h										2.60	2.60			1.20	1.20	1.20	1.20	0.90	0.90	
60 km/h					3.00	3.00	2.60	2.60	3.00	3.00	2.60	2.60	2.00	2.00	1.20	1.20	1.20	1.20		
70 km/h			3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.20		1.20	1.20		
80 km/h	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00			1.20	1.20		
90 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00	3.00			2.00				1.20	1.20		
100 km/h	3.00	3.00	3.00		3.00	3.00	3.00		3.00				2.00							
110 km/h	3.00	3.00			3.00															
120 km/h	3.00	3.00			3.00															
130 km/h	3.00																			

FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Tabla 304.02, pág. 193.

2.2.7.4 Bombeo

En tramos en tangente o en curvas en contraperalte, las calzadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

TABLA N° 12 Valores del bombeo de la calzada

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

FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Tabla 304.03, pág. 195.

2.2.7.5 Peralte

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo, para calcular el peralte bajo la condición de seguridad ante el deslizamiento, se utilizará la siguiente fórmula. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

$$p = \frac{V^2}{127 R} - f \quad \text{Ecuación ... (37)}$$

Donde:

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

TABLA N° 13 Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0%	4.0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0%	6.0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0	8.0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8.0	6.0%	302.05

FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Tabla 304.05, pág. 196.

El peralte mínimo será del 2%, para los radios y velocidades de diseño siguientes:

TABLA N° 14 Peralte mínimo

Velocidad de diseño km/h	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5,000 \leq R < 7,500$
$40 \leq V < 100$	$2,500 \leq R < 3,500$

FUENTE: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018) Tabla 304.06, pág. 197.

2.2.8 Tránsito.

Las características y el diseño de una carretera deben basarse en las consideraciones de los volúmenes de tránsito y de las condiciones necesarias para circular por ella, con seguridad vial ya que esto le será útil durante el desarrollo de carreteras y planes de transporte, en el análisis del comportamiento económico, en el establecimiento de criterios de definición geométrica, en la selección e implementación de medidas de control de tránsito y en la evaluación del desempeño de las instalaciones de transporte. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Conjuntamente con la selección de vehículo de proyecto, se debe tomar en cuenta la composición del tráfico que utiliza o utilizará la vía, obtenida sobre la base del estudio de tráfico y sus proyecciones que consideren el desarrollo futuro de la zona tributaria de la carretera y la utilización que tendrá cada tramo del proyecto vial. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

2.2.8.1 Índice Medio diario Anual.

Para la determinación del IMDA se va a discriminar entre vehículos de carga y vehículos de transporte de personas, las cuales son regidas por los porcentajes de crecimiento económico y de tasa de crecimiento poblacional, para ello, se estima una proyección en función de datos recopilados utilizando la siguiente fórmula:

$$T_n = T.E \times (1 + r)^n \quad \text{Ecuación ... (38)}$$

Dónde: T_n = Tránsito en el año n-esimo

r = Tasa de crecimiento (Poblacional o Económico, según el caso)

n = Número de años para la proyección.

$T.E$ = Tránsito Existente.

Según el portal web de dominio del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, denominado Índice Medio Diario Anual, es el valor numérico estimado del tráfico vehicular de un determinado tramo de la red vial en un año. El IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo en una semana, y un factor de corrección que estime el comportamiento anualizado del tráfico de pasajeros y mercancías. (MTC, Índice Medio Diario Anual, 2021)

El IMDA se obtiene de la multiplicación del índice Medio Diario Semanal (IMDS) y el factor de Corrección Estacional (FC). (MTC, Índice Medio Diario Anual, 2021)

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC} \quad \text{Ecuación ... (39)}$$

Donde:

IMDS : Representa el Índice Medio Diario Semanal o Promedio de Tráfico Diario Semana.

FC : Representa el Factor de Corrección Estacional.

El Índice Medio Diario Semanal (IMDS) se obtiene a partir del volumen de tráfico diario registrado por tipo de vehículo en un tramo de la red vial durante 7 días. (MTC, Índice Medio Diario Anual, 2021)

$$\text{IMDS} = \sum V_i / 7 \quad \text{Ecuación ... (40)}$$

Donde:

V_i : Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo volumétrico (MTC, Índice Medio Diario Anual, 2021)

El Factor de Corrección Estacional es determinado por la relación existente entre el promedio de los Índices Medios Diario Mensual del año y el Índice Medio Diario Mensual del mes en estudio:

$$F_c = \frac{\overline{\text{IMDM}}(\text{ANUAL})}{\text{IMDM}(\text{MES})} \quad \text{Ecuación ... (41)}$$

2.2.9 Seguridad Vial.

La seguridad vial es el conjunto de acciones y mecanismos que garantizan el buen funcionamiento de la circulación del tránsito; mediante la utilización de conocimientos (leyes, reglamento y disposiciones) y normas de conducta; bien sea como peatón, pasajero o conductor, a fin de usar correctamente la vía pública previniendo los accidentes de tránsito. (Cultura & Cultura Vial, 2011).

Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentabilidad (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

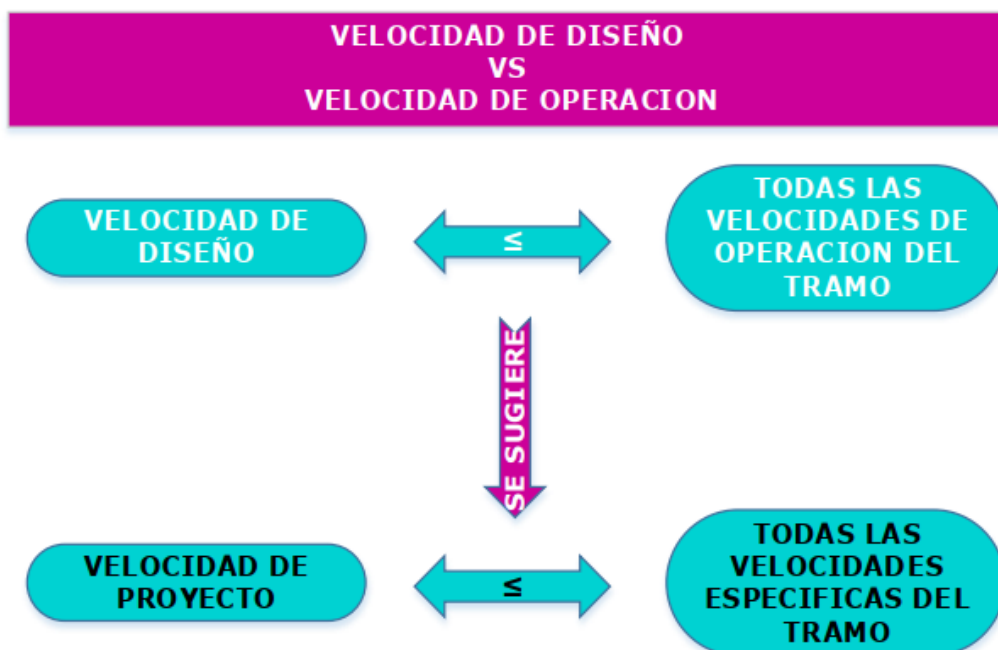
2.2.9.1 Gestión de la Seguridad Vial.

La Gestión de Tránsito se refiere a la combinación de medidas que sirven para preservar la capacidad de tránsito y mejorar la seguridad, la confianza y la fiabilidad de todo el sistema de transporte por carretera. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

La interacción de la gestión y la seguridad vial está directamente relacionada con los límites de velocidad, control de velocidades de operación, regulación de intersecciones, cruces peatonales, sistemas unidireccionales y control de estacionamientos. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

Existen evidencias de que la reducción de la velocidad, tiene como resultado una reducción del número y severidad de los accidentes, esta velocidad de operación debe estar diseñada en función a la composición y volumen del flujo vehicular, el uso del suelo y la tasa de accidentes. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

FIGURA N° 13 Velocidad de diseño vs velocidad de operación



Fuente : (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017), Figura 46, Pag.82

En la figura anterior, queda bien definido la recomendación que otorga el Manual de Seguridad Vial; La velocidad específica del tramo debe ser superior a la velocidad de proyecto, es decir, cada elemento de carretera el cual tiene una velocidad específica debe resultar mayor a la velocidad de diseño del tramo homogéneo, y esto queda complementado en lo especificado por el Manual de Diseño Geométrico (DG 2018), el cual especifica que para asegurar la mayor homogeneidad posible, lo cual se logra traducir como mayor seguridad a los usuarios, es que la velocidad específica de cada elemento no sea mayor a la velocidad de diseño en más de 20 km/h.

Por un lado, nos recomiendan que la carretera soporte mayores velocidades a lo previstos en el diseño ($V_{\text{proyecto}} < V_{\text{específica}}$), y por otro, complementan dando un límite de superioridad, el cual corresponde a una variación máxima de 20 km/h.

Algunos de los principios básicos de una infraestructura vial segura son:

- **Funcionalidad:** Diferentes categorías de carreteras requieren un diseño compatible con su función, el tráfico se debe determinar en cada tipología de red sobre un diseño pensando específicamente para su función. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)
- **Homogeneidad:** La diferencia de velocidades, dirección y masa entre los vehículos que utilizan una misma carretera o intersección debe ser reducida al mínimo. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)
- **Consistencia:** Satisfacer en todo momento las expectativas del conductor, siendo predecible y evitando cambios bruscos de velocidades entre elementos sucesivos de la carretera.

2.2.9.2 Seguridad Vial en función a la DG-2018.

Los parámetros de la carretera están definidos por la velocidad de diseño el cual a su vez está en función de la topografía, estudio de tráfico; por definición, la velocidad de diseño es la máxima velocidad que se podría mantener con seguridad y comodidad sobre una sección determinada de la carretera, por ello, la seguridad vial en función de las DG-2018 queda sujeta al cumplimiento de los parámetros que exige la norma, deduciéndose que entre mayor sean los parámetros que no cumplan los requerimientos mínimos especificados por el Manual de Diseño

Geométrico, menor será la seguridad vial del tramo y por ende una mayor riesgo para la correnca de accidentes.

2.2.9.3 Seguridad Vial en función de indicadores de Consistencia.

En torno a la búsqueda de criterios cuantitativos que permitan analizar la consistencia en el diseño geométrico, se han estructurado dos tendencias. Ambas parten de un principio común, que es lograr una relación armónica entre el conjunto conductor/vehículo, la vía y el entorno inmediato a ella. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

La primera tendencia, definida aquí como “Enfoque de la Velocidad”, asume como hipótesis que el conductor y el vehículo constituyen una unidad y que por lo tanto no existen distorsiones en el proceso de percepción - decisión – acción que se lleva a cabo en forma continua durante el proceso de conducción. El considerar dicho conjunto como una unidad, evita el problema que se suscita al considerar los 30 grados de libertad del movimiento de un vehículo (Lamm et al, 1999). Esta simplificación permite aplicar modelos físicos, como el Modelo de Masa Puntual (Echaveguren et al, 2001), que permite realizar el diseño de curvas circulares. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

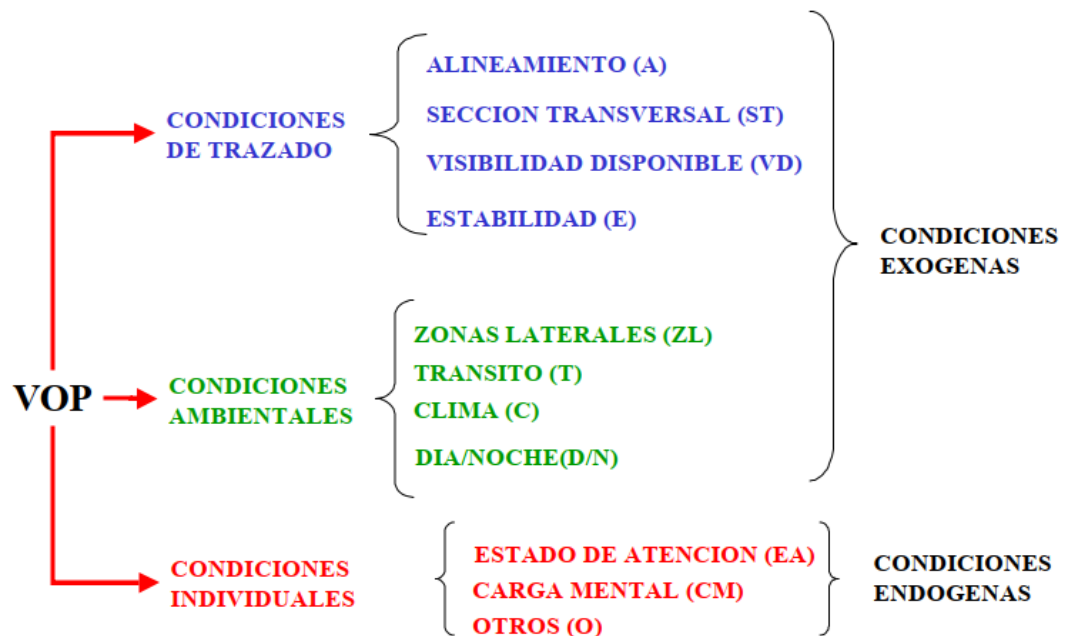
La segunda tendencia, el “Enfoque de las Expectativas”, presupone que es probable que existan distorsiones en el proceso percepción - decisión – acción, de modo tal que la maniobra observada del vehículo no corresponde exactamente a la maniobra “correcta”, dadas las condiciones de trazado y tránsito. El objetivo fundamental de este enfoque, es reforzar las expectativas del conductor de modo de minimizar la posibilidad de error en el proceso de conducción. O bien, mejorar la consistencia del diseño. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

La hipótesis básica que determina la filosofía de este enfoque (Enfoque de las Expectativas), establece que la inconsistencia en el diseño se debe a la brecha que existe entre la velocidad de diseño y la de operación. Constituye un complemento al enfoque de la velocidad, dado que presupone que el conjunto conductor/vehículo (CCV) son una unidad y que, por lo tanto, el comportamiento de dicho conjunto puede describirse en base a variables observables y medibles. En este caso, la velocidad. Se puede establecer así, que los cambios que experimente el CCV se deberán a la forma en que percibe el tránsito, la vía y su

entorno inmediato durante el proceso de conducción. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

La velocidad de operación a lo largo de un trazado, puede deberse a tres grandes causas; las condiciones geométricas, ambientales e individuales. Las primeras dos corresponden a condiciones exógenas al individuo y que no pueden ser controladas en forma directa por él. Siendo la más relevante las condiciones geométricas las cuales quedan definidas por el Alineamiento, Sección Transversal, Visibilidad Disponible y Estabilidad. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001).

FIGURA N° 14 Variables que intervienen en la variación de la velocidad de operación.



Fuente : (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001), Figura 2, Pág. 13

Lamm ha definido tres criterios de consistencia abocado al grupo de variables de condiciones de trazado: (I) Consistencia de elementos simples, (II) Consistencia e elementos sucesivos y (III) Estabilidad dinámica, asumiendo Lamm que la velocidad de percentil 85 (V85), es un buen descriptor de la velocidad de operación; esto equivale a analizar los cambios de las expectativas del conductor ocasionado por el Alineamiento y la Estabilidad. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

2.2.9.3.1 Criterio I de Lamm: Consistencia de Elementos Simples.

Este criterio se aboca a lograr la armonía entre la velocidad de diseño y la velocidad de operación, en un elemento aislado del trazado. Clasifican el diseño en “Bueno” “Regular” o “Malo” según (Lamm et al, 1999) (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

$$\text{Diseño "Bueno"} : V_{85} - V_D \leq 10 \text{ Km/h} \quad \text{Ecuación ... (42)}$$

$$\text{Diseño "Regular"} : 10 \text{ Km/h} < V_{85} - V_D < 20 \text{ Km/h} \quad \text{Ecuación ... (43)}$$

$$\text{Diseño "Malo"} : V_{85} - V_D > 20 \text{ Km/h} \quad \text{Ecuación ... (44)}$$

2.2.9.3.2 Criterio II de Lamm: Consistencia de Elementos Sucesivos.

Mediante este criterio se verifican los cambios de velocidad entre elementos sucesivos. Uno de los precursores de este criterio fue Bavkov, quien define la velocidad de operación como una velocidad media, por su parte, Lamm la define en función de la velocidad de percentil 85, proponiendo los siguientes umbrales de evaluación. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

$$\text{Diseño "Bueno"} : \ddot{A}V_{85} \leq 10 \text{ Km/h} \quad \text{Ecuación ... (45)}$$

$$\text{Diseño "Regular"} : 10 \text{ Km/h} < \ddot{A}V_{85} < 20 \text{ Km/h} \quad \text{Ecuación ... (46)}$$

$$\text{Diseño "Malo"} : \ddot{A}V_{85} > 20 \text{ Km/h} \quad \text{Ecuación ... (47)}$$

La variable $\ddot{A}V_{85}$ se puede estimar aplicando la diferencia simple entre los valores de V_{85} de segmentos sucesivos.

2.2.9.3.3 Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica.

Este criterio toma como base la idea que las diferencias entre la fricción lateral provista por el diseño y la fricción lateral demandada induce inconsistencia en el trazado, puesto que el conductor modifica su velocidad al enfrentar la curva dependiendo de la trayectoria, de la presencia de otros vehículos y de la velocidad de aproximación a la curva. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

Para lograr la estabilidad, el conductor demandará una cierta cantidad de fricción en función de las características del desplazamiento del automóvil (velocidad, trayectoria) y del pavimento (textura), la cual no necesariamente es la misma que ofrece el diseño a través de la curvatura y del peralte. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

Los umbrales propuestos por Lamm son los siguientes, donde Δf es la diferencia entre la fricción lateral provista y la demandada.

$$\text{.Diseño "Bueno" : } \Delta f > +0.02 \quad \text{Ecuación ... (48)}$$

$$\text{Diseño Regular: } - 0.02 < \Delta f < +0.02 \quad \text{Ecuación ... (49)}$$

$$\text{Diseño "Malo" : } \Delta f < -0.02 \quad \text{Ecuación ... (50)}$$

La fricción lateral provista se puede estimar mediante la expresión de equilibrio dinámico. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

$$f_{ra} = \frac{VD^2}{127R} - p \quad \text{Ecuación ... (51)}$$

Siendo VD la velocidad de diseño, R el radio de curvatura y p el peralte, La fricción Lateral demandada, se estima sustituyendo el valor de VD por el de V85.

$$f_{rd} = \frac{V85^2}{127R} - p \quad \text{Ecuación ... (52)}$$

2.2.9.4 Seguridad vial en función de las curvas de transición.

Uno de los principales componentes que afecta la velocidad de operación de los vehículos en una carretera son las curvas horizontales. Es necesario que las curvas horizontales sean diseñadas de manera tal que garantice la seguridad en su recorrido. En caso de las curvas verticales y las pendientes, también afectan a la seguridad vial, por lo que el diseñador deberá integrar a detalle tanto el alineamiento vertical como horizontal, brindando estándares de diseño, confort y seguridad en todo el proyecto. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

Se ha establecido una evidencia clara de que las curvaturas de los diseños de la vía están relacionadas con los accidentes, en todos los tipos de carreteras. Al entrar en una curva, la fuerza centrífuga es equilibrada por la resultante del peso del vehículo y la fuerza del rozamiento lateral entre llantas y el pavimento. La Salida de un vehículo obedece a uno o a la combinación de los siguientes conceptos: velocidad excesiva para las condiciones imperantes, sobreelevación inadecuada o pavimento resbaladizo. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

En numerosos estudios se ha tratado de investigar la relación entre el proyecto de curvas horizontales y los accidentes; inclusive, han identificado varias características geométricas, de la sección transversal y del tránsito, relacionadas con la seguridad vial de las curvas horizontales, prestando atención al radio y la longitud de la curva, la intensidad vehicular, el ancho de carriles y acotamientos, los peligros en las zonas laterales, la distancia de visibilidad de frenado, el alineamiento vertical en las curvas horizontales, la distancia a curvas adyacentes, la distancia a intersecciones cercanas, la presencia de dispositivos para el control del tránsito, etc (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

Glennon (1987) determinó que el radio es el principal factor que afecta la seguridad en curvas horizontales, pero que el ancho de acotamiento, el ancho de circulación y la longitud de la curva (en ese orden) son también importantes. Asimismo, encontró que radios de curvatura mayores a 500 m no generan problemas de seguridad, pero que curvas con radios menores a ese valor están asociadas con un incremento abrupto en el riesgo (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

Hedman, K. O. (1990) obtuvo que la frecuencia de accidentes en carreteras suecas de un carril por sentido aumenta en curvas con radio por debajo de 1 000 m, así como si el radio excede los 3 300 m. Este último comportamiento quizá se deba a que curvas con radio elevado, por lo mismo pueden ser muy largas dando lugar a maniobras peligrosas de adelantamiento (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

Transportation Research Board, D C, 1987. sugiere que la relación entre los accidentes y la geometría de la carretera tiene que ver con la consistencia de sus características dentro del contexto global del segmento carretero. Lo anterior sirvió como base para desarrollar guías para el “suavizamiento” de curvas (es decir, la reconstrucción de la curva para darle un mayor radio). Los resultados

sugirieron que esto es rentable si el flujo vehicular excede los 750 vehículos por día, y la velocidad de proyecto se encuentra más de 25 km/h por debajo del 85% de las velocidades de los vehículos aproximándose a la curva. Asimismo, se fortalece el uso del “suavizamiento” de curvas mediante argumentos sobre beneficios (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

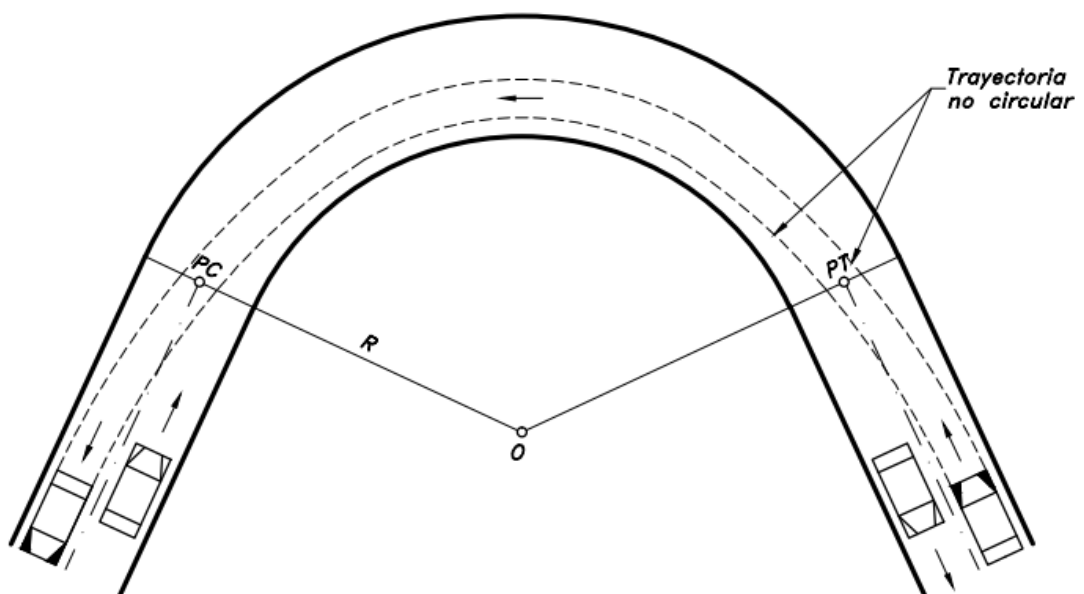
Entre las medidas aplicables para incrementar la seguridad en vías existentes, están las rectificaciones, las sobreelevaciones y la distancia de visibilidad adecuada, además de un buen señalamiento preventivo y restrictivo, marcas en el pavimento entre otros, las mejoras de la seguridad en las curvas horizontales incluyen: (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

- Reconstrucción de las curvas para hacerlas menos pronunciadas.
- Alargamiento del radio de curvatura.
- Ensanchamiento de carriles y de las cunetas en las curvas.
- Adición de transiciones en espirales a las curvas.
- Incremento de la cantidad de sobreelevación.

2.2.9.4.1 Curvas de transición.

La experiencia demuestra que los conductores, sobre todo aquellos que circulan por el carril exterior, por comodidad tienen a cortar la curva circular, como se aprecia (Cárdenas Grisales, 2013)

FIGURA N° 15 Trayectoria de los vehículos en una curva circular



Fuente : (Cárdenas Grisales, 2013), Figura 3.77, Pág. 232.

Los vehículos describen trayectorias no circulares e invaden el carril del sentido opuesto, en carreteras de dos sentidos generan gran potencial de accidentabilidad. Estas trayectorias que tomadas por los conductores se genera debido a que los vehículos cuando entran a una curva circular experimentan una fuerza centrífuga que tienen a desviarlos de su carril de circulación, por lo que maniobran instintivamente tratando de evitar la incomodidad y contrarrestar la fuerza centrífuga a través de la ocupación del carril de dirección contraria, lo que sugiere que cuando se pasa de un tramo en tangente a uno circular, es necesario realizarlo de forma gradual, por esta razón es necesario emplear curvas de transición entre elementos en tangente y curvas circulares, sin que la trayectoria del vehículo experimente cambios bruscos.

Zegeer, C.V.J. Stewart, F. M. Concil y D Reifurt (1991), indican que el uso de curvas espirales de transición tienen efectos positivos reduciendo los accidentes en curvas de 2 a 9% dependiendo del radio de curvatura y la deflexión. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

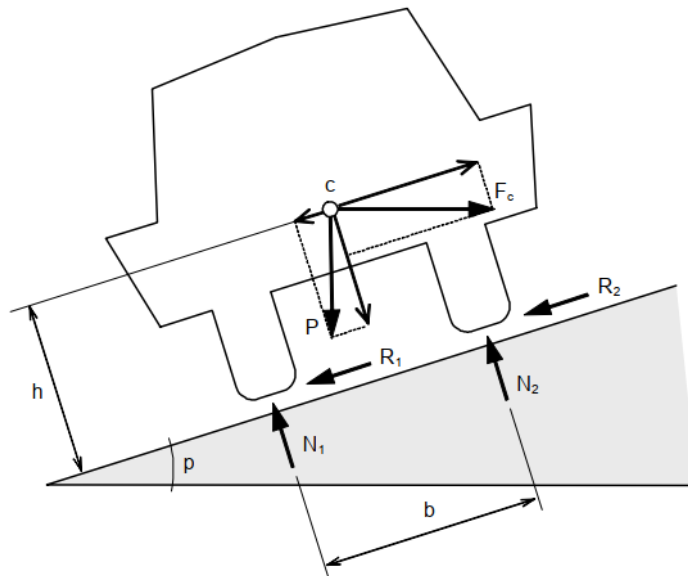
Las curvas de transición además de brindar una mayor comodidad y seguridad para los usuarios de una vía, presentan otras ventajas de gran importancia tales como:

- Permiten un cambio gradual y cómodo entre un elemento con radio de curvatura infinito (Recta) y un elemento con radio de curvatura constante (arco circular). Cuando se emplean solo líneas y arcos este cambio se realiza de una manera puntual ocasionando incomodidad e inseguridad en los conductores. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)
- Permite ajustar el trazo de la vía a la trayectoria recorrida por los vehículos en las curvas, evitando que estos invadan el carril contrario. Brinda una mejor apariencia a la carretera. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)
- Permiten desarrollar la transición del peralte de forma que el valor de éste, en cualquier punto corresponda al requerido por la curvatura en dicho punto. Cuando se tienen alineamientos sólo con líneas y arcos circulares, se tiene que en el punto de tangencia entre estos dos elementos, se debe pasar de un peralte de cero a un peralte requerido para la curva, de acuerdo al valor del radio y fuerza centrífuga (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017).

2.3 Dinámica del vehículo en alineamientos en curvas.

El comportamiento de un vehículo al tomar una curva es, como consecuencia del sistema de fuerzas actuantes sobre el mismo, más inestable que cuando se halla circulando por línea recta. La principal diferencia entre ambas situaciones es la aparición en el primer caso de la fuerza centrífuga; esta fuerza ficticia no es más que consecuencia de la Ley de Inercia -primera ley de Newton-, ya que al tomar la curva el vehículo se halla constantemente cambiando su dirección. Para contrarrestar dicho efecto, se dota a la curva de un peralte o inclinación transversal. (Roberto Tomás Jover, 2004)

FIGURA N° 16 Diagrama de fuerzas actuantes sobre el vehículo en una curva.



Fuente: La Estabilidad del Vehículo en las curvas: Aspectos Geométricos y su Influencia en el coeficiente de seguridad (Roberto Tomás Jover, 2004), Figura 1, Pág 3

Peso del vehículo (P): Fuerza vertical aplicada en el centro de masas del móvil, c, generada como consecuencia de la acción del campo gravitatorio terrestre. Puede expresarse en función de la aceleración de la gravedad, g, y de la masa del vehículo, m (Roberto Tomás Jover, 2004)

$$P = m \cdot g$$

Ecuación ... (53)

Fuerza centrípeta (Fc): Provocada por la variación en la dirección del vehículo dentro de la curva circular. Es proporcional a la aceleración normal, a_n , que depende de la velocidad a la que circula el vehículo, v , y del radio r de la curva. Su expresión matemática es la siguiente: (Roberto Tomás Jover, 2004)

$$F_c = m \cdot a_n = m \frac{V^2}{R} \quad \text{Ecuación ... (54)}$$

Fuerza de rozamiento (R): Fuerza pasiva producida por el contacto entre neumático y pavimento. Depende de la reacción normal a la superficie de contacto, N , y del coeficiente de resistencia al deslizamiento transversal, f_t . Su expresión matemática es la siguiente: (Roberto Tomás Jover, 2004)

$$R = f_t \cdot N \quad \text{Ecuación ... (55)}$$

Condición de Estabilidad deslizante: De las fuerzas horizontales en una curva circular para una condición de equilibrio se tiene la siguiente igualdad: (Roberto Tomás Jover, 2004)

$$V^2 = r \cdot g \cdot (f_t + p) \quad \text{Ecuación ... (56)}$$

Donde V es la velocidad, r , el radio de curvatura, g la gravedad, f_t la fricción lateral y p es el peralte.

2.4 Definición de Términos Básicos.

Seguridad Vial:

Conjunto de acciones orientadas a prevenir o evitar los riesgos de accidentes de los usuarios de las vías y reducir los impactos sociales negativos por causa de la accidentalidad. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

Gestión de la Seguridad Vial:

La Gestión de Tránsito se refiere a la combinación de medidas que sirven para preservar la capacidad de tránsito y mejorar la seguridad, la confianza y la fiabilidad de todo el sistema de transporte por carretera. (MTC, Manual de Seguridad Vial, 2017)

Velocidad de Diseño:

Es la velocidad escogida para el diseño, entendiéndose que será la máxima que podrá mantener con seguridad y comodidad, sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Velocidad Específica:

Se la define como la máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo del elemento considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y las llantas en buen estado; las condiciones meteorológicas, del tránsito y las regulaciones son tales que no imponen limitaciones a la velocidad (Cárdenas Grisales, 2013)

Velocidad de Operación:

Es la velocidad máxima a la que puede circular los vehículos en un determinado tramo de una carretera, en función a la velocidad de diseño, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, esto del pavimento, meteorológicas y grado de relación de ésta con otras vías y con la propiedad adyacente. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

Velocidad del Percentil 85:

Para muchos estudios de trazado o de regulación de tráfico no es adecuado considerar la velocidad media como velocidad de proyecto, porque el 50 por 100 de vehículos circulan a velocidad superior; interesa utilizar una velocidad que sea sobrepasada por un número reducido de vehículos. Se utiliza frecuentemente la velocidad correspondiente al percentil 85 (velocidad que sólo es sobrepasada por el 15 por 100 de los vehículos) de la distribución de turismo, que son los más rápidos. Esta velocidad del percentil 85 suele ser alrededor de un 20 por 100 superior de la velocidad media. (Kraemer, y otros, 2009)

Curva Horizontal:

Curva Circular que une los tramos rectos de una carretera en el plano horizontal. (MTC, Glosario de términos y uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (R.D N° 02-2018-MTC/14), 2018).

Radios Mínimos:

Los radios mínimos de curvatura horizontal son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018).

Curva Horizontal de Transición:

Trazo de una línea curva de radios variable en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular o entre dos curvas circulares de radio diferente. (MTC, Glosario de términos y uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (R.D N° 02-2018-MTC/14), 2018).

Clotoide:

Es una curva plana del tipo espiral que se utiliza como curva de transición en el diseño geométrico de vías. (MTC, Glosario de términos y uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (R.D N° 02-2018-MTC/14), 2018).

Peralte:

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo. (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018).

Fricción Lateral:

La demanda de fricción lateral en curvas horizontales se define como la fricción requerida por un sistema vehículo-conductor para mantener el equilibrio dinámico dentro de la curva sin pérdida de dirección y/o control. (Cárdenas Grisales, 2013)

Criterio I de Lamm – Elementos Simples:

Este criterio se aboca en comparar la velocidad de diseño y la velocidad de operación, en un elemento aislado del trazado. (Lamm et al, 1999) (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

Criterio II de Lamm – Elementos Sucesivos:

Mediante este criterio se aboca en comparar los cambios de velocidad del percentil 85 entre elementos sucesivos de la carretera. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

Criterio III de Lamm – Estabilidad Dinámica:

Este criterio toma como base la idea que las diferencias entre la fricción lateral provista por el diseño y la fricción lateral demandada induce inconsistencia en el trazado, puesto que el conductor modifica su velocidad al enfrentar la curva dependiendo de la trayectoria, de la presencia de otros vehículos y de la velocidad de aproximación a la curva. (Echaveguren Navarro & Saez Cardenas, 2001)

Fuerza Centripeta:

Se conoce como fuerza centrípeta a la fuerza o componente de la fuerza que actúa sobre un objeto en movimiento que pasa por una trayectoria curvilínea y que está dirigida hacia el centro de la curvatura de la trayectoria. (Roberto Tomás Jover, 2004)

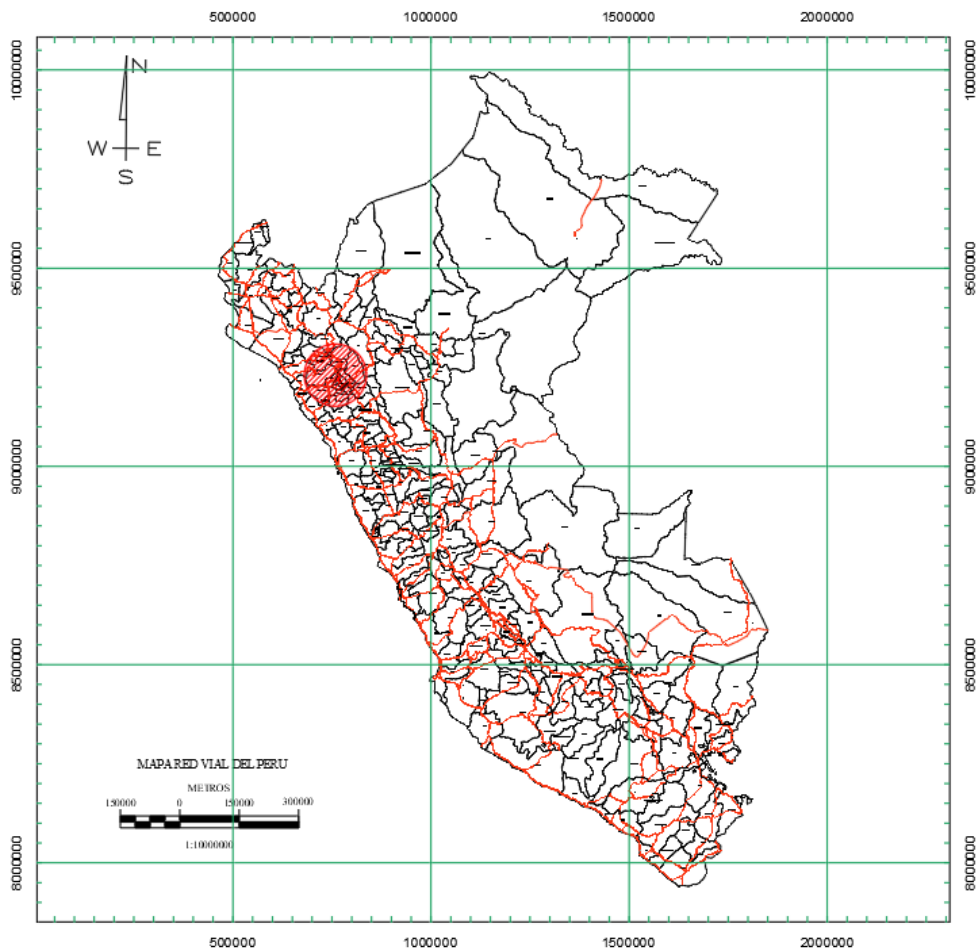
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de la carretera en estudio.

3.1.1 Ubicación Política:

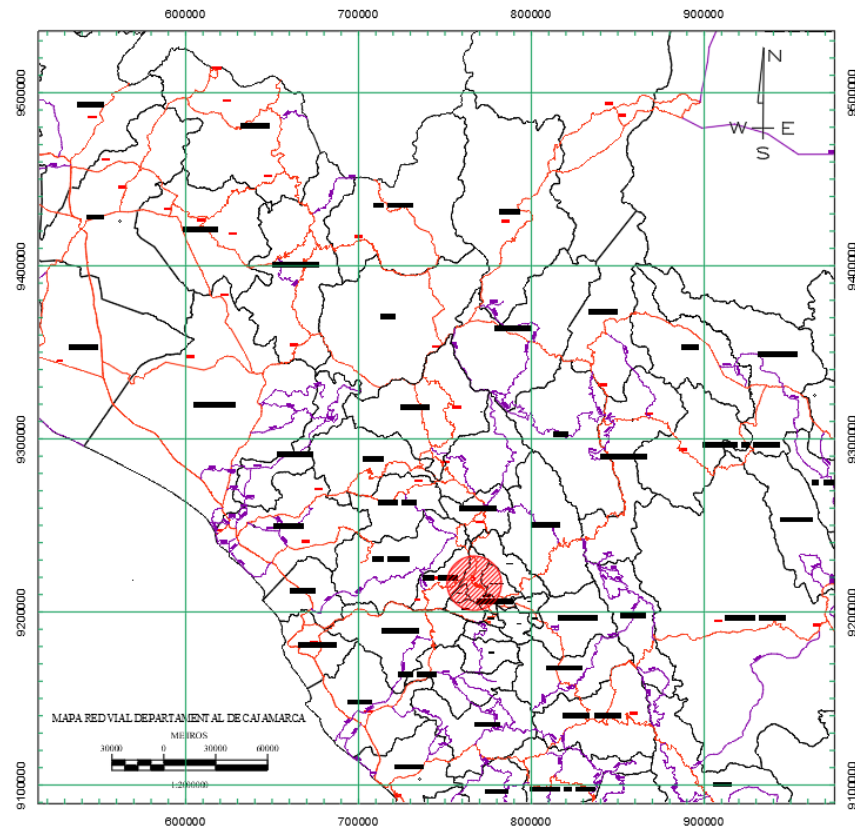
País : Perú.
Departamento : Cajamarca.
Provincia : Cajamarca.
Distrito : Cajamarca.
Centros Poblados : Porcón Alto – Empalme de carretera 3N con 8A

FIGURA N° 17 RED VIAL NACIONAL DEL PERÚ



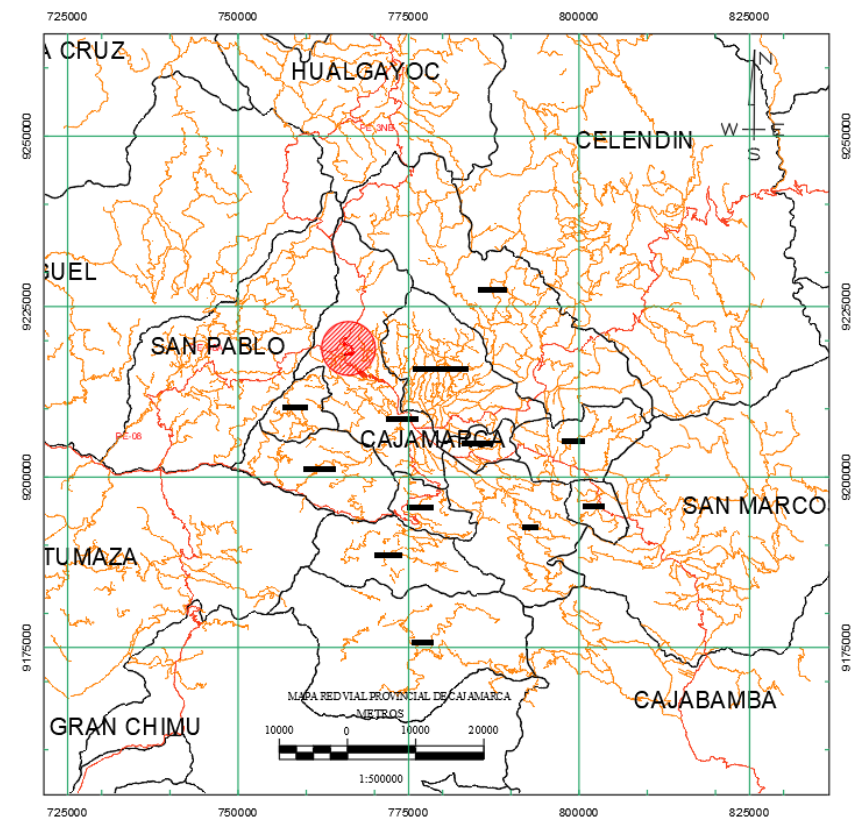
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 18 R.V.D DEPARTAMENTO CAJAMARCA



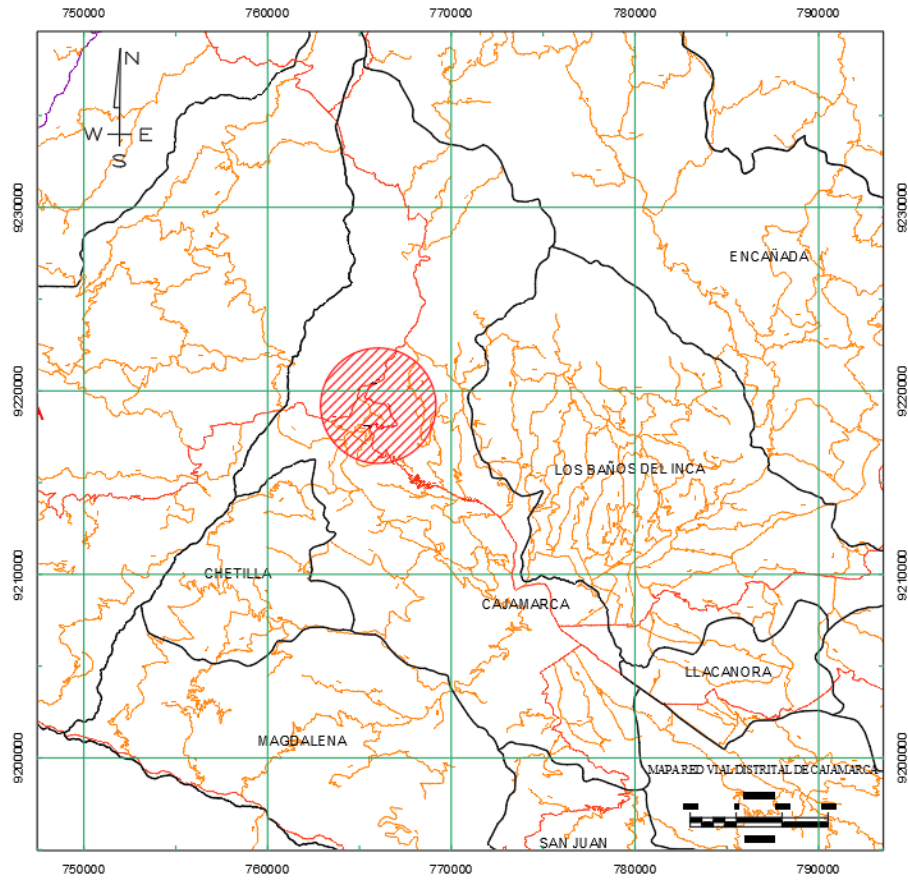
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 19 R.V.V DE PROVINCIA CAJAMARCA



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 20 R.V.V. DISTRITO CAJAMARCA



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 21 TRAMO CARRETERO EN ESTUDIO



Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Ubicación en Coordenadas Geográfica:

TABLA N° 15 Coordenadas geográficas de punto de inicio y final del tramo de carretera en estudio

PUNTOS	LONGITUD (°)	LATITUD (°)	COTA (m)
C.P. PORCÓN ALTO	78°35'45.14" W	7°04'7.05" S	3444.030
EMPALME DE CARRETERA 3N CON CARRETERA 8A	78°35'40.21" W	7°02'49.52" S	3612.841

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Ubicación en Coordenadas UTM:

TABLA N° 16 Coordenadas de punto de inicio y final del tramo de carretera en estudio (Sistema WGS – 84)

PUNTOS	ESTE (m)	NORTE (m)	COTA (m)
C.P. PORCÓN ALTO	765575.5064	9217978.8558	3444.030
EMPALME DE CARRETERA 3N CON CARRETERA 8A	765739.2732	9220360.9023	3612.841

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Instrumentos, materiales y equipos.

Los instrumentos que se utilizó en la realización del presente estudio son

- Tablas.
- Gráficos.
- Formatos de hoja para conteo vehicular.
- Formato de hoja para velocidad de operación.
- Formato de hoja para libreta de campo.

Estas nos permitieron analizar y procesar la información recopilada en campo.

Los materiales y equipos utilizados se pueden dividir en dos, para la recopilación en campo y para trabajo de procesamiento de información en gabinete.

Para la recopilación de información en campo:

- Estación Total Leica TS06.
- Trípode.
- Flexómetro (Wincha).
- Bastón telescópico (5.00 m).
- Prisma topográfico.
- Libreta de campo.
- Lapiceros y corrector líquido (Tipp-Ex).
- Pintura en spray.
- Cámara fotográfica.

- Equipo de protección personal (EPP).
- Pistola Radar Medidor de Velocidades.

Para el procesamiento de la información en gabinete:

- Laptop.
- Lapiceros.
- Papel Bond.
- Otros.

3.3 Procedimiento.

Los procesos para realizar el presente trabajo de investigación son:

3.3.1 Trabajo de Campo.

RECONOCIMIENTO: Consiste en la primera visita al tramo de carretera en estudio para poder apreciar los diferentes elementos que lo contemplan, así como también para tener una mejor perspectiva de las posibles ubicaciones de las estaciones para la realización del levantamiento topográfico y la toma de velocidades.

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: Consistió en realizar la toma de puntos específicos los cuales al ser triangulados dan la configuración de la superficie que los acoge; entre los puntos que se tomaron están: Bordes exteriores e interiores, bermas, eje central, taludes de corte, taludes en relleno. Para la toma de dichos puntos se utilizó una estación total (Leika TS06) y el periodo del levantamiento topográfico fue:

ESTUDIO DE TRÁNSITO: Consistió en la recopilación del parque automotor que hace uso del tramo de carretera en estudio, para ello se procedió a tomar el conteo de vehículos discriminando el sentido, tipo de vehículo y hora, esto en un lapso de 14 horas diarias (6:00 am – 8:00 pm) por una semana, esto con el objetivo de calcular el IMDA de la carretera y el vehículo de diseño.

TOMA DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN: Consistió en la recopilación de las velocidades de operación en las que cada uno de los vehículos, principalmente ligeros, toman en el momento de abordar cada uno de los elementos horizontales de la carretera (Tramos tangentes y curvas), para ello se utilizó una pistola radar medidor de velocidades (Bushnell) el cual arroja la velocidad en Km/h.

3.3.2 Trabajo en Gabinete.

DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS: El procesamiento del levantamiento topográfico se realizó en el software Civil 3D en el cual se trazó el alineamiento del eje actual y con el desarrollo a nivel de Planta – Perfil, y Secciones Transversales se obtuvo los parámetros existentes de la carretera: radios, longitud tramos tangentes, sobrecanchos, pendientes longitudinales, longitudes en pendiente, ancho de calzada, bermas, peralte, así también, con el procesamiento del conteo del tránsito se logró obtener el IMDA y el vehículo de diseño los cuales nos permitirán obtener la fricción transversal de la carretera y parámetros mínimos exigidos por la normativa vigente DG-2018.

DETERMINACIÓN DE LAS VELOCIDADES ESPECÍFICAS: Una vez determinado los parámetros de la carretera, fue posible determinar la velocidad específica de las curvas horizontales, los cuales representaron la máxima velocidad por elemento aislado el cual pueden los vehículos transitar con seguridad y comodidad; esto nos permitió realizar un análisis comparativo entre la velocidad de diseño y la velocidad específica.

DETERMINACIÓN DEL PERCENTIL 85 DE VELOCIDADES: Con el procesamiento de los datos tomados en campo de las velocidades de operación de cada elemento de la carretera se pudo elaborar un perfil de velocidades.

GESTION DE LA SEGURIDAD VIAL: Con los datos procesados de características geométricas de carretera, IMDA y la obtención del vehículo de diseño, se pudo realizar un análisis comparativo entre los parámetros existentes y parámetros mínimos exigidos por la normativa vigente (DG-2018); con las comparaciones de la velocidad de diseño y las velocidades específicas se pudo analizar si la carretera presenta una homogeneidad; Con las velocidades de operación se pudo analizar la consistencia de la carretera utilizando lo estipulado por los criterios de Lamm.

IMPLEMENTACIÓN A NIVEL DE DISEÑO LAS CURVAS DE TRANSICIÓN: Ya con el análisis de la gestión de la seguridad vial de la carretera se pudo identificar en qué curvas horizontales es necesario una mejora para aumentar la seguridad vial.

3.4 Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.

3.4.1 Tipo de investigación.

La investigación llevada a cabo es de carácter aplicativo, debido que se realizó en campo la toma de información y luego en gabinete se procesó dicha información, realizando un aporte al área específica de seguridad.

3.4.2 Nivel de Investigación.

El nivel de la investigación es descriptiva y explicativa, puesto que se analizó la realidad actual que presenta la carretera en estudio y a su vez también relacionar la causalidad de la inseguridad del tramo en estudio con su estado actual.

3.4.3 Diseño de investigación.

El diseño de la investigación es no experimental de carácter transversal.

3.4.4 Método de investigación.

La metodología utilizada es el método descriptivo, ya que se estará realizando un análisis comparativo entre parámetros existentes de carretera con los exigidos por la normativa vigente, a su vez también, las comparaciones entre velocidades de diseño con las velocidades específicas y el análisis por criterios de Lamm con el fin de describir la seguridad vial del tramo carretero en estudio.

3.4.5 Presentación de resultados.

Se realizó mediante tablas, cuadros, gráficos de barras, gráficos de pastel con el fin de presentar los resultados porcentuales del cumplimiento de los parámetros establecidos por normatividad y según criterios de análisis para la consistencia y homogeneidad de la carretera y por ende la seguridad vial.

3.5 Población de Estudio.

La población de estudio serán las carreteras del departamento de Cajamarca.

3.6 Muestra.

Carretera 3N: Tramo Carretera C.P Porcón Alto – Empalme de carretera 3N con la carretera 8A.

3.7 Unidad de Análisis.

Seguridad Vial.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Características geométricas en la carretera.

4.1.1 Clasificación de la carretera en estudio.

La carretera en estudio es: Carretera de Primera Clase, Tipo 2, Red Vial Nacional PE – 3N.

4.1.1.1 Clasificación por su demanda:

El estudio del tránsito para determinar el Índice Medio Diario Anual (IMDA) se llevó a cabo los siguientes días de conteo:

TABLA N° 17 Fechas de conteo vehicular - Estudio de Tránsito

<i>DÍA</i>	<i>FECHA</i>	<i>INTERVALO</i>	<i>ESTACIÓN</i>
LUNES	11 OCT 2021	6:00 am - 8:00 pm	20+000
MARTES	12 OCT 2021	6:00 am - 8:00 pm	20+000
MIERCOLES	13 OCT 2021	6:00 am - 8:00 pm	20+000
JUEVES	14 OCT 2021	6:00 am - 8:00 pm	20+000
VIERNES	15 OCT 2021	6:00 am - 8:00 pm	20+000
SABADO	16 OCT 2021	6:00 am - 8:00 pm	20+000
DOMINGO	17 OCT 2021	6:00 am - 8:00 pm	20+000

Fuente: Elaboración propia

El estudio de tránsito se realizó teniendo en cuenta el carril (derecho o izquierdo); a lo largo de la semana descrita se procedió a contar los vehículos que transitan por la sección de vía ubicada en el KM 20+000, para luego acumular lo contabilizado y posteriormente aplicando la ecuación 40, lográndose obtener el Índice Medio Diario Semana (IMDS) por carril, de los datos se obtuvieron:

Vehículos de transporte de pasajeros: 2518 veh/día.

Vehículos de Carga: 293 veh/día.

El factor de corrección estacional (FC) será de 1 por el motivo que el estudio se realizó con datos actuales y no proyectados, así también porque no existen datos representativos para la estimación de dicho factor, debido a que la única estación más próxima de la cual se puede obtener información mensual es de la estación de peaje Ciudad de Dios, pero esta no presenta características similares de flujo o parámetros geométricos de la carretera que se estudió, es así que:

El IMDA es de 2811 veh/día.

TABLA N° 18 Índices Medios Diarios Semanales por carril
ESTUDIO DE TRÁFICO (IMDS) - CARRIL DERECHO (ASCENDENTE)

DÍA	LUNES - DOMINGO											ESTACIÓN	20+000	TOTAL	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER				
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2				
LUNES	52	45	49	6	1	11	5	1	1	4	1	176	13.38%		
MARTES	62	47	55	7	1	11	5	-	1	3	1	193	14.68%		
MIERCOLES	50	41	50	6	1	11	6	-	1	3	1	170	12.93%		
JUEVES	68	54	66	6	1	15	4	-	-	3	1	218	16.58%		
VIERNES	57	38	48	5	1	7	4	1	1	2	-	164	12.47%		
SÁBADO	82	58	47	4	1	6	1	1	-	1	1	202	15.36%		
DOMINGO	65	52	51	7	1	12	2	-	-	1	1	192	14.60%		
TOTAL	436	335	366	41	7	73	27	3	4	17	6	1,315	100.00%		
INCIDENCIA	33.16%	25.48%	27.83%	3.12%	0.53%	5.55%	2.05%	0.23%	0.30%	1.29%	0.46%	100.00%			

ESTUDIO DE TRÁFICO (IMDS) - CARRIL IZQUIERDO (DESCENDENTE)

DÍA	LUNES - DOMINGO											ESTACIÓN	20+000	TOTAL	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER				
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2				
LUNES	51	50	55	11	1	14	4	1	2	5	1	195	13.03%		
MARTES	55	57	59	10	1	14	5	1	-	5	1	208	13.90%		
MIERCOLES	56	59	66	9	1	15	5	-	1	5	1	218	14.57%		
JUEVES	81	74	74	8	1	17	5	1	1	5	1	268	17.91%		
VIERNES	63	52	55	5	1	11	2	1	1	3	1	195	13.03%		
SÁBADO	78	53	53	4	1	12	2	-	1	2	1	207	13.84%		
DOMINGO	65	57	58	8	1	11	2	-	1	1	1	205	13.70%		
TOTAL	449	402	420	55	7	94	25	4	7	26	7	1,496	100.00%		
INCIDENCIA	30.01%	26.87%	28.07%	3.68%	0.47%	6.28%	1.67%	0.27%	0.47%	1.74%	0.47%	100.00%			

FUENTE: Elaboración propia

TABLA N° 19 Índice Medio Diario Anual (IMDA) y porcentaje de incidencia de vehículos pesados.

ESTUDIO DE TRÁFICO IMDA

DÍA	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER	TOTAL	INCIDENCIA
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2		
LUNES	103	95	104	17	2	25	9	2	3	9	2	371	13.20%
MARTES	117	104	114	17	2	25	10	1	1	8	2	401	14.27%
MIERCOLES	106	100	116	15	2	26	11	-	2	8	2	388	13.80%
JUEVES	149	128	140	14	2	32	9	1	1	8	2	486	17.29%
VIERNES	120	90	103	10	2	18	6	2	2	5	1	359	12.77%
SÁBADO	160	111	100	8	2	18	3	1	1	3	2	409	14.55%
DOMINGO	130	109	109	15	2	23	4	-	1	2	2	397	14.12%
TOTAL	885	737	786	96	14	167	52	7	11	43	13	2,811	100.00%
INCIDENCIA	31.48%	26.22%	27.96%	3.42%	0.50%	5.94%	1.85%	0.25%	0.39%	1.53%	0.46%	100.00%	

INDICENCIA DE VEHICULOS PESADOS

DÍA	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER	TOTAL	INCIDENCIA
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2		
LUNES	-	-	-	17	2	25	9	2	3	9	2	69	2.45%
MARTES	-	-	-	17	2	25	10	1	1	8	2	66	2.35%
MIERCOLES	-	-	-	15	2	26	11	-	2	8	2	66	2.35%
JUEVES	-	-	-	14	2	32	9	1	1	8	2	69	2.45%
VIERNES	-	-	-	10	2	18	6	2	2	5	1	46	1.64%
SÁBADO	-	-	-	8	2	18	3	1	1	3	2	38	1.35%
DOMINGO	-	-	-	15	2	23	4	-	1	2	2	49	1.74%
TOTAL	-	-	-	96	14	167	52	7	11	43	13	403	14.34%
INCIDENCIA	0.00%	0.00%	0.00%	23.82%	3.47%	41.44%	12.90%	1.74%	2.73%	10.67%	3.23%	100.00%	

FUENTE: Elaboración propia

4.1.1.2 Clasificación por su orografía:

En el desarrollo del levantamiento topográfico se pudo evidenciar que existen dos tipos de orografía bien definida a lo largo del tramo de carretera en estudio, por ello se decidió realizar el análisis de las pendientes transversales por kilometraje; las pendientes longitudinales no fueron consideradas para este análisis debido a que la carretera existe:

TABLA N° 20 Análisis de pendientes transversales de la carretera.

TRAMO		19+794	21+000	TRAMO		21+000	22+000
PENDIENTES		CLASIFICACIÓN		PENDIENTES		CLASIFICACIÓN	
IZQUEIRDO	DERECHO	IZQUEIRDO	DERECHO	IZQUEIRDO	DERECHO	IZQUEIRDO	DERECHO
8.66%	1.38%	TIPO 1	TIPO 1	33.09%	34.08%	TIPO 2	TIPO 2
22.43%	5.38%	TIPO 2	TIPO 1	30.71%	40.80%	TIPO 2	TIPO 2
22.27%	4.05%	TIPO 2	TIPO 1	25.87%	31.25%	TIPO 2	TIPO 2
25.71%	32.59%	TIPO 2	TIPO 2	19.93%	36.10%	TIPO 2	TIPO 2
47.05%	45.17%	TIPO 2	TIPO 2	30.28%	25.62%	TIPO 2	TIPO 2
43.37%	7.73%	TIPO 2	TIPO 1	33.14%	36.90%	TIPO 2	TIPO 2
22.79%	15.39%	TIPO 2	TIPO 2	29.31%	27.06%	TIPO 2	TIPO 2
10.10%	6.69%	TIPO 2	TIPO 1	43.21%	21.68%	TIPO 2	TIPO 2
9.83%	3.63%	TIPO 1	TIPO 1	37.83%	18.35%	TIPO 2	TIPO 2
8.17%	22.52%	TIPO 1	TIPO 2	34.06%	16.49%	TIPO 2	TIPO 2
12.28%	28.54%	TIPO 2	TIPO 2	17.73%	19.06%	TIPO 2	TIPO 2
15.97%	32.18%	TIPO 2	TIPO 2	24.67%	22.25%	TIPO 2	TIPO 2
35.72%	39.17%	TIPO 2	TIPO 2	29.50%	14.48%	TIPO 2	TIPO 2
40.10%	35.54%	TIPO 2	TIPO 2	32.54%	17.33%	TIPO 2	TIPO 2
43.03%	32.39%	TIPO 2	TIPO 2	21.77%	11.61%	TIPO 2	TIPO 2
41.27%	34.42%	TIPO 2	TIPO 2	10.38%	10.85%	TIPO 2	TIPO 2
41.15%	35.03%	TIPO 2	TIPO 2	1.84%	15.78%	TIPO 1	TIPO 2
38.24%	35.95%	TIPO 2	TIPO 2	0.89%	15.95%	TIPO 1	TIPO 2
16.46%	41.92%	TIPO 2	TIPO 2	1.79%	12.05%	TIPO 1	TIPO 2
4.35%	40.46%	TIPO 1	TIPO 2	2.88%	9.00%	TIPO 1	TIPO 1
16.39%	42.00%	TIPO 2	TIPO 2			TIPO 1	5
20.95%	33.31%	TIPO 2	TIPO 2			TIPO 2	35
6.96%	33.11%	TIPO 1	TIPO 2			TIPO 3	0
17.10%	34.11%	TIPO 2	TIPO 2			TIPO 4	0
10.82%	22.03%	TIPO 2	TIPO 2				
9.87%	26.36%	TIPO 1	TIPO 2				
22.98%	32.77%	TIPO 2	TIPO 2				
3.03%	38.66%	TIPO 1	TIPO 2				
24.83%	52.52%	TIPO 2	TIPO 3				
26.06%	50.76%	TIPO 2	TIPO 3				
26.31%	35.36%	TIPO 2	TIPO 2				
25.15%	45.78%	TIPO 2	TIPO 2				
		TIPO 1	13				
CONTEO TOTAL POR TIPO		TIPO 2	49				
		TIPO 3	2				
		TIPO 4	0				

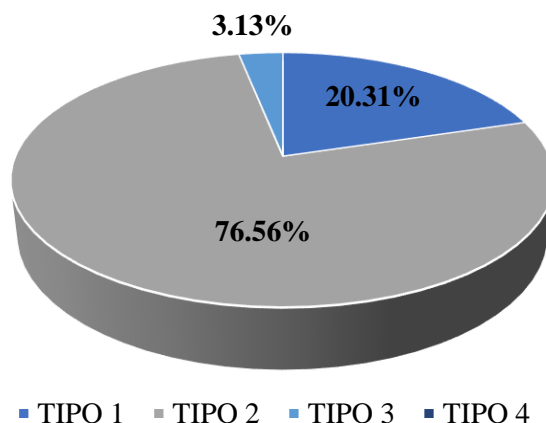
TRAMO		22+000	23+000
PENDIENTES		CLASIFICACIÓN	
IZQUEIRDO	DERECHO	IZQUEIRDO	DERECHO
0.42%	3.66%	TIPO 1	TIPO 1
0.02%	0.03%	TIPO 1	TIPO 1
1.96%	13.70%	TIPO 1	TIPO 2
17.56%	39.11%	TIPO 2	TIPO 2
22.31%	23.36%	TIPO 2	TIPO 2
15.70%	17.19%	TIPO 2	TIPO 2
14.27%	19.03%	TIPO 2	TIPO 2
0.38%	15.27%	TIPO 1	TIPO 2
1.64%	7.85%	TIPO 1	TIPO 1
2.42%	10.66%	TIPO 1	TIPO 2
15.58%	8.30%	TIPO 2	TIPO 1
22.75%	18.95%	TIPO 2	TIPO 2
30.26%	19.32%	TIPO 2	TIPO 2
33.62%	10.53%	TIPO 2	TIPO 2
31.90%	11.58%	TIPO 2	TIPO 2
20.39%	15.32%	TIPO 2	TIPO 2
17.93%	12.50%	TIPO 2	TIPO 2
17.13%	14.36%	TIPO 2	TIPO 2
16.58%	15.59%	TIPO 2	TIPO 2
15.42%	17.64%	TIPO 2	TIPO 2
17.82%	13.79%	TIPO 2	TIPO 2
10.32%	12.53%	TIPO 2	TIPO 2
10.63%	12.89%	TIPO 2	TIPO 2
		TIPO 1	10
		TIPO 2	36
		TIPO 3	0
		TIPO 4	0
CONTEO TOTAL POR TIPO			

TRAMO		23+000	24+000
PENDIENTES		CLASIFICACIÓN	
IZQUEIRDO	DERECHO	IZQUEIRDO	DERECHO
8.66%	7.16%	TIPO 1	TIPO 1
6.50%	3.89%	TIPO 1	TIPO 1
5.69%	0.99%	TIPO 1	TIPO 1
8.39%	1.07%	TIPO 1	TIPO 1
2.94%	1.50%	TIPO 1	TIPO 1
4.18%	1.37%	TIPO 1	TIPO 1
6.42%	2.54%	TIPO 1	TIPO 1
8.87%	5.19%	TIPO 1	TIPO 1
7.41%	6.72%	TIPO 1	TIPO 1
5.11%	7.91%	TIPO 1	TIPO 1
2.57%	6.41%	TIPO 1	TIPO 1
0.26%	6.81%	TIPO 1	TIPO 1
1.36%	3.92%	TIPO 1	TIPO 1
1.78%	3.65%	TIPO 1	TIPO 1
2.75%	5.16%	TIPO 1	TIPO 1
1.85%	6.21%	TIPO 1	TIPO 1
3.34%	5.74%	TIPO 1	TIPO 1
4.68%	6.37%	TIPO 1	TIPO 1
10.66%	7.72%	TIPO 2	TIPO 1
11.15%	11.32%	TIPO 2	TIPO 2
5.92%	11.58%	TIPO 1	TIPO 2
0.82%	11.63%	TIPO 1	TIPO 2
2.38%	14.25%	TIPO 1	TIPO 2
7.35%	10.44%	TIPO 1	TIPO 2
		TIPO 1	41
		TIPO 2	7
		TIPO 3	0
		TIPO 4	0
CONTEO TOTAL POR TIPO			

TRAMO		24+000	25+000
PENDIENTES		CLASIFICACIÓN	
IZQUEIRDO	DERECHO	IZQUEIRDO	DERECHO
16.37%	11.22%	TIPO 2	TIPO 2
5.22%	11.98%	TIPO 1	TIPO 2
2.23%	6.39%	TIPO 1	TIPO 1
1.98%	9.35%	TIPO 1	TIPO 1
6.25%	10.19%	TIPO 1	TIPO 2
10.58%	7.37%	TIPO 2	TIPO 1
9.98%	7.17%	TIPO 1	TIPO 1
6.89%	8.57%	TIPO 1	TIPO 1
5.58%	8.03%	TIPO 1	TIPO 1
9.97%	6.02%	TIPO 1	TIPO 1
9.40%	4.96%	TIPO 1	TIPO 1
19.68%	10.20%	TIPO 2	TIPO 2
41.65%	4.97%	TIPO 2	TIPO 1
35.19%	5.03%	TIPO 2	TIPO 1
34.64%	1.26%	TIPO 2	TIPO 1
30.76%	1.63%	TIPO 2	TIPO 1
7.76%	1.98%	TIPO 1	TIPO 1
2.56%	3.49%	TIPO 1	TIPO 1
18.09%	1.62%	TIPO 2	TIPO 1
15.86%	2.07%	TIPO 2	TIPO 1
5.49%	0.90%	TIPO 1	TIPO 1
4.90%	3.37%	TIPO 1	TIPO 1
7.11%	5.50%	TIPO 1	TIPO 1
7.45%	5.68%	TIPO 1	TIPO 1
5.96%	8.08%	TIPO 1	TIPO 1
		TIPO 1	37
		TIPO 2	13
		TIPO 3	0
		TIPO 4	0
	TIPO		

Fuente: Elaboración propia

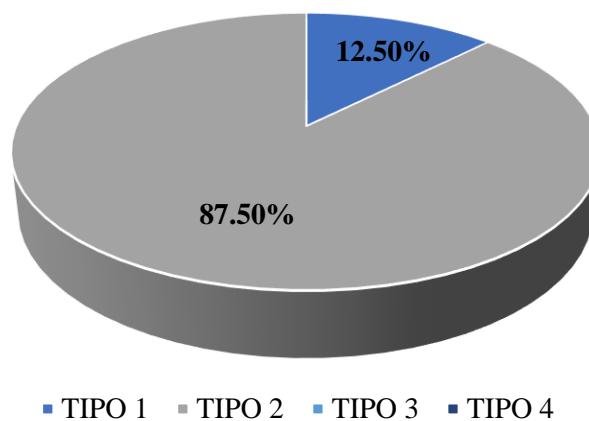
GRÁFICO N° 1 Clasificación Orográfica de la carretera Km 19 + 974 – Km 21+000



Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene que el primer kilómetro presenta un mayor porcentaje del Tipo 2 con 76.56%, mientras que el Tipo 1 representa el 20.31% y el Tipo 3 con una minoría del 3.13%.

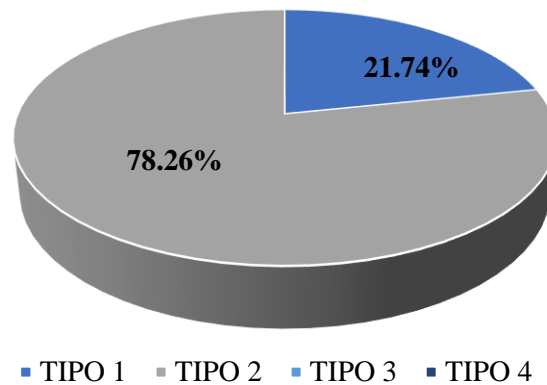
GRÁFICO N° 2 Clasificación Orográfica de la carretera Km 21+000 – Km 22+000



Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene que el segundo kilómetro presenta un mayor porcentaje del Tipo 2 con 87.50%, mientras que el Tipo 1 representa el 12.50%.

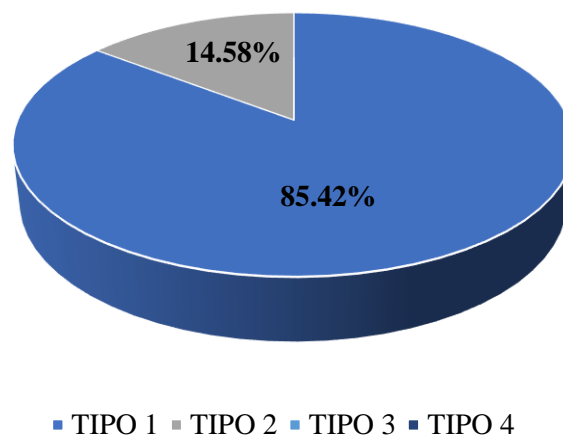
GRÁFICO N° 3 Clasificación Orográfica de la carretera Km 22+000 – Km 23+000



Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene que el tercer kilómetro presenta un mayor porcentaje del Tipo 2 con 78.26%, mientras que el Tipo 1 representa el 21.74%.

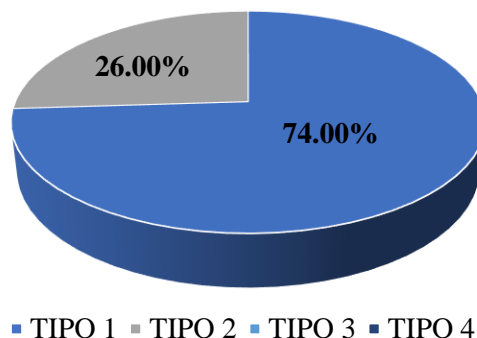
GRÁFICO N° 4 Clasificación Orográfica de la carretera Km 23+000 – Km 24+000



Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene que el cuarto kilómetro presenta un mayor porcentaje del Tipo 1 con 85.42%, mientras que el Tipo 2 representa el 14.58%.

GRÁFICO N° 5 Clasificación Orográfica de la carretera Km 24 + 000 – Km 25+000



Fuente: Elaboración propia.

Se obtiene que el cuarto kilómetro presenta un mayor porcentaje del Tipo 1 con 74.00%, mientras que el Tipo 2 representa el 26.00%.

Concluyendo así que el tramo de carretera en estudio presenta dos tramos característicos, el primero que va desde el inicio de la carretera, cruce al C.P Porcón Alto (Km 19+974), hasta el Km 23+000 con una orografía del **Tipo 2 (Terreno Ondulado)** continuando con una orografía del **Tipo 1 (Terreno plano)** entre el Km 23+000 hasta el Km 25+000, y predominando el **Tipo 2 (Terreno Ondulado)**.

TABLA N° 21 Clasificación por Orografía

TRAMO	TIPO
KM 19+974 - KM 23+000	TIPO 2
KM 23+000 - KM 25+000	TIPO 1

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.3 Clasificación por su jerarquía:

La carretera en estudio pertenece a la **Red Vial Nacional** con la denominación **PE-3N**.

4.1.2 Velocidad de diseño:

En función de la clasificación determinada se puede obtener los siguientes rangos para Carretera de Primera Clase, Tipo 1:

$$60 \text{ km/h} \leq V_d \leq 100 \text{ km/h}$$

Para Carretera de Primera Clase, Tipo 2:

$$60 \text{ km/h} \leq V_d \leq 90 \text{ km/h}$$

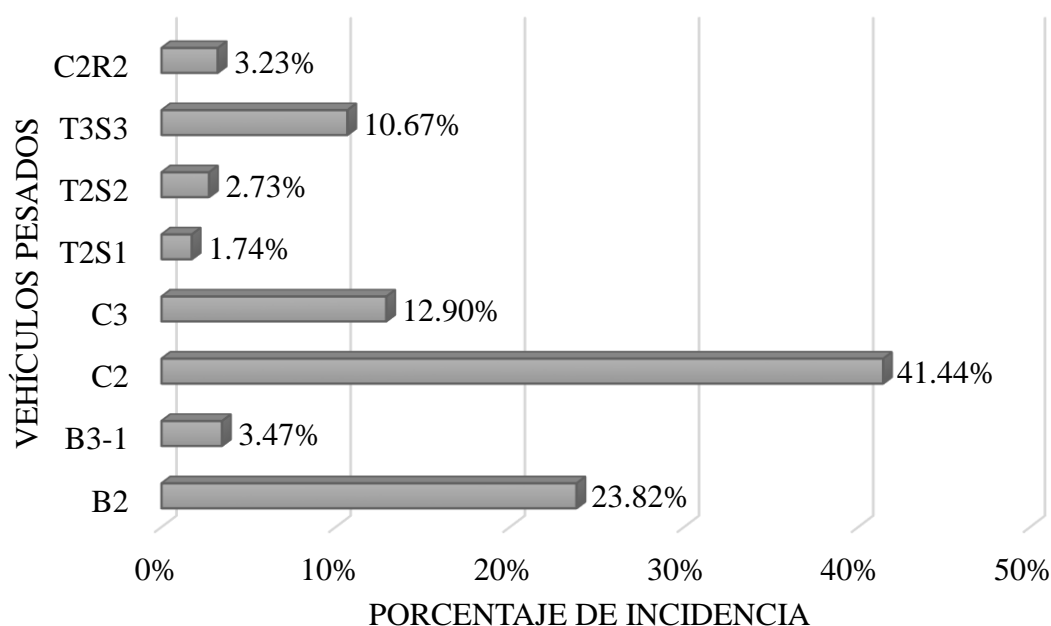
Para el análisis de los parámetros geométricos de la carretera se tomó la velocidad de **60 km/h**, siendo esta la velocidad más crítica para el diseño de la carretera, ya que esto llevará a que sean considerados los parámetros mínimos de para el cumplimiento de una Carretera de Primera Clase.

4.1.3 Vehículo de diseño:

Según lo establecido por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018), el vehículo de diseño debe ser de tipo comercial rígido (Camiones y/o Buses), en tal sentido, los vehículos ligeros no podrán ser catalogados como vehículos de diseño, siendo considerados únicamente los vehículos pesados.

Del Análisis de la Tabla N° 17: Índice Medio Diario Anual (IMDA) y porcentaje de incidencia de vehículos pesados se obtiene el siguiente gráfico.

GRÁFICO N° 6 Incidencia de cada tipo de vehículo pesado

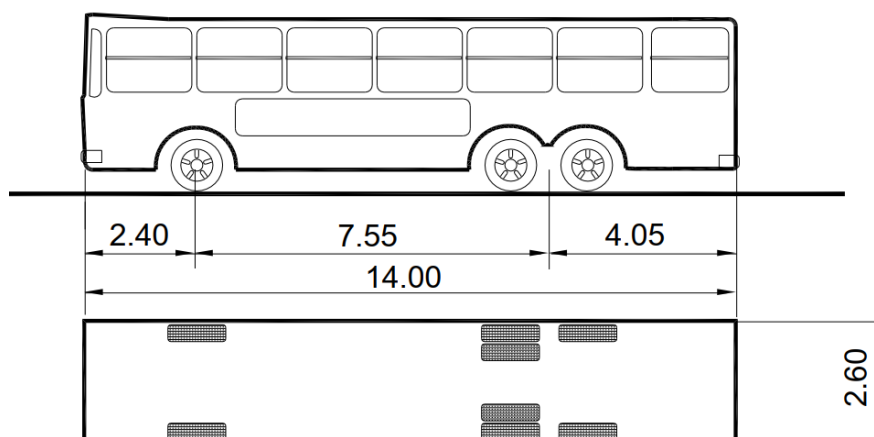


Fuente: Elaboración propia.

Según lo normado, el vehículo de diseño debe ser un vehículo comercial rígido, excluyendo los vehículos del tipo articulado (trailers y semitrailers), se obtiene que el vehículo de mayor incidencia es el C2 con 41.44%, seguido por el B2 con 23.82%, C3 con 12.90% y finalmente el B3-1 con 3.47%, pero según la Tabla N°

1 Datos de los vehículos de tipo M utilizados para el dimensionamiento de carreteras según el Reglamento Nacional de Vehículos, no se encuentran catalogados para dicho propósito los vehículos tipo C2 ni C3, así mismo, pese a que existe mayor porcentaje de vehículos tipo B2, es el vehículo tipo B3-1 el que representa el estado más crítico como vehículo de diseño, en síntesis, el vehículo de diseño para el tramo de carretera en estudio será el de Tipo B3-1.

FIGURA N° 22 Dimensiones del Vehículo de Diseño B3-1



Fuente: (MTC, Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, 2018)

4.1.4 Elementos Existentes en la carretera.

El levantamiento topográfico arrojó los siguientes resultados por kilometraje.

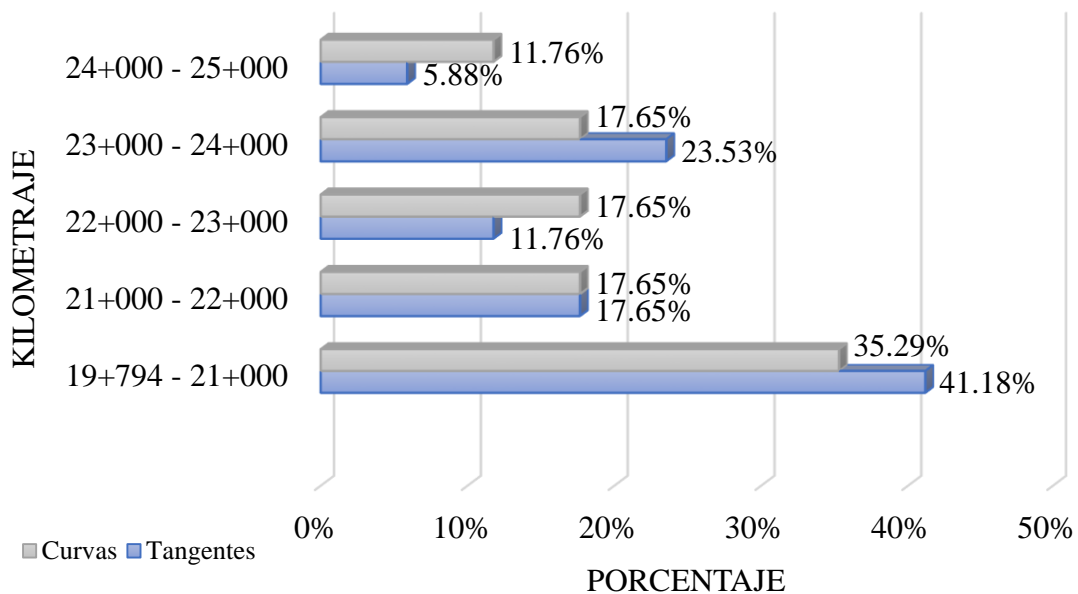
TABLA N° 22 Total de elementos existentes en la carretera por kilometraje

Kilometraje	Tangentes	Curvas
19+794 - 21+000	7	6
21+000 - 22+000	3	3
22+000 - 23+000	2	3
23+000 - 24+000	4	3
24+000 - 25+000	1	2

Fuente: Elaboración propia.

Del levantamiento topográfico se ha encontrado que existen 17 curvas circulares y 17 tramos en tangente.

GRÁFICO N° 7 Distribución porcentual de elementos existentes de la carretera



Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica se puede obtener que el 41.18% de las tangentes y el 35.29% de curvas circulares se encuentran en el primer kilómetro, los cuales corresponden a 7 y a 6 elementos respectivamente.

4.1.5 Parámetros existentes en Planta.

4.1.5.1 Longitudes de tramos tangente:

Las longitudes existentes de los tramos en tangente fueron determinados en el levantamiento topográfico, y según la Tabla N° 3 Longitudes de tramos en tangente, se puede determinar la longitud mínima de los tramos estipulados por la normativa DG-2018 según el tipo de alineamiento que cada uno de éstos comprenden; así pues, para una velocidad de diseño de 60 km/h, la longitud mínima en tangente es de 83 m para alineamientos comprendidos entre radios de curvatura de sentido contrario y de 167 m para alineamientos comprendidos entre radios de curvatura del mismo sentido.

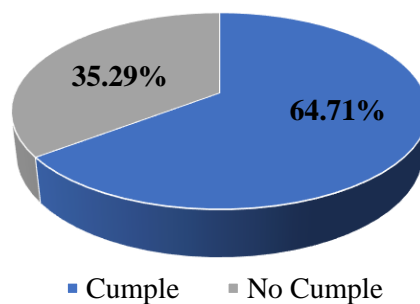
Los tramos en tangente existentes y según normativa se muestran a continuación:

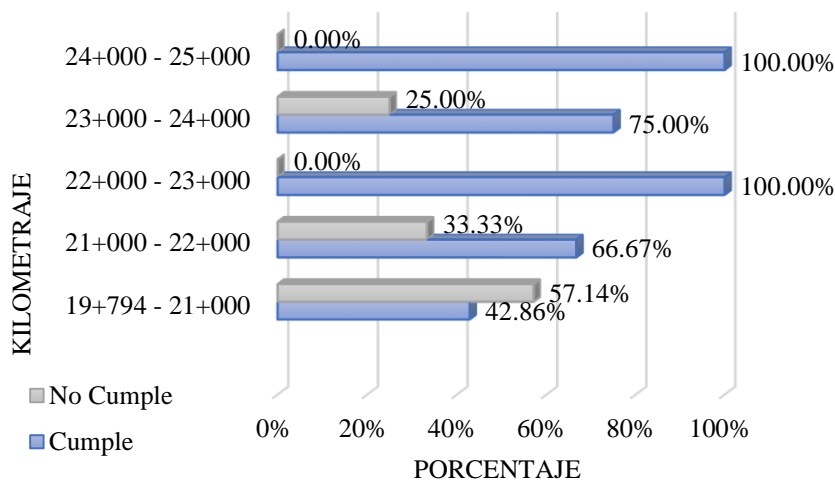
TABLA N° 23 Verificación de Longitud de tramos en tangente

Tangente	Progresiva		Longitud Existente (m)	Tipo	Longitud Normado (DG-2018)			Verificación
	Inicial	Final			L _{min_s} (m)	L _{min_o} (m)	L _{máx} (m)	
T1	19+793.98	19+927.56	133.58	O	-	167	1002	No Cumple
T2	19+982.91	20+161.45	178.54	O	-	167	1002	Cumple
T3	20+272.99	20+389.15	116.16	S	83	-	1002	Cumple
T4	20+464.66	20+494.45	29.79	O	-	167	1002	No Cumple
T5	20+539.69	20+684.93	145.24	O	-	167	1002	No Cumple
T6	20+755.15	20+787.77	32.62	S	83	-	1002	No Cumple
T7	20+844.01	21+075.54	231.53	O	-	167	1002	Cumple
T8	21+163.83	21+224.54	60.71	S	83	-	1002	No Cumple
T9	21+284.96	21+528.85	243.89	O	-	167	1002	Cumple
T10	21+712.74	22+174.94	462.20	S	83	-	1002	Cumple
T11	22+218.97	22+487.73	268.76	S	83	-	1002	Cumple
T12	22+553.12	22+822.00	268.88	O	-	167	1002	Cumple
T13	23+033.41	23+484.82	451.41	S	83	-	1002	Cumple
T14	23+571.53	23+723.75	152.22	S	83	-	1002	Cumple
T15	23+791.93	23+882.25	90.32	S	83	-	1002	Cumple
T16	23+977.63	24+015.72	38.09	O	-	167	1002	No Cumple
T17	24+156.07	24+825.30	669.23	O	-	167	1002	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO N° 8 Distribuciones porcentual de verificación de longitudes mínimas de tramos en tangentes.





Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, el 35.29% de las longitudes de los tramos en tangente no logran cumplir con lo estipulado por la normativa vigente mientras que el 64.71% si logra superar la longitud mínima exigida, pero si se analiza por kilometraje se encuentran que los dos primeros kilómetros presentan un 57.14% y 33.33% respectivamente de tramos que no cumplen, dando una mayor probabilidad de accidentabilidad en dichos kilómetros y por ende una mayor inseguridad en dicho tramo de carretera.

4.1.5.2 Distancia de visibilidad de parada:

La distancia de visibilidad de parada según la normativa DG-2018 está en función principal de la pendiente con la que se cuenta, es así que para pendientes longitudinales inferiores a 3%, se aplicará la ecuación 1 y cuando la pendiente es superior a 3% se aplicará la ecuación 2 del marco teórico.

El criterio para determinar la distancia de visibilidad de parada existente en la carretera es analizando los puntos en los que se cuenta con rectas longitudinales y con pendiente constante; es decir, tramos en tangente fuera de curvas horizontales y curvas verticales.

Así pues, para determinar la distancia de visibilidad de parada según DG – 2018 para el primer tramo se realizó de la siguiente:

El primer tramo presenta una pendiente en ascendente de 5.92% siendo éste mayor al 3%, por tal motivo se tendrá que aplicar la ecuación 1; para la velocidad de

diseño de 60 km/h, un tiempo de percepción más reacción de 2.50 segundos y una desaceleración de 3.40 m/s²:

$$Dp_1 = 0.278(60)(2.50) + \frac{60^2}{254\left(\frac{3.4}{9.81} + 0.0592\right)} = 76.63 \text{ m}$$

Tomando como condición de medidas enteras superiores se redondea a 77.00 m.

Para el sentido contrario se tiene lo siguiente:

$$Dp_1 = 0.278(60)(2.50) + \frac{60^2}{254\left(\frac{3.4}{9.81} - 0.0592\right)} = 91.02 \text{ m}$$

Tomando como condición de medidas enteras superiores se redondea a 92.00 m, y según la distancia existente dada entre las progresivas 19+793.98 – 19.820.13 de 26.15m, no cumple la condición de distancia de parada más crítica que es en pendiente negativa (descendente).

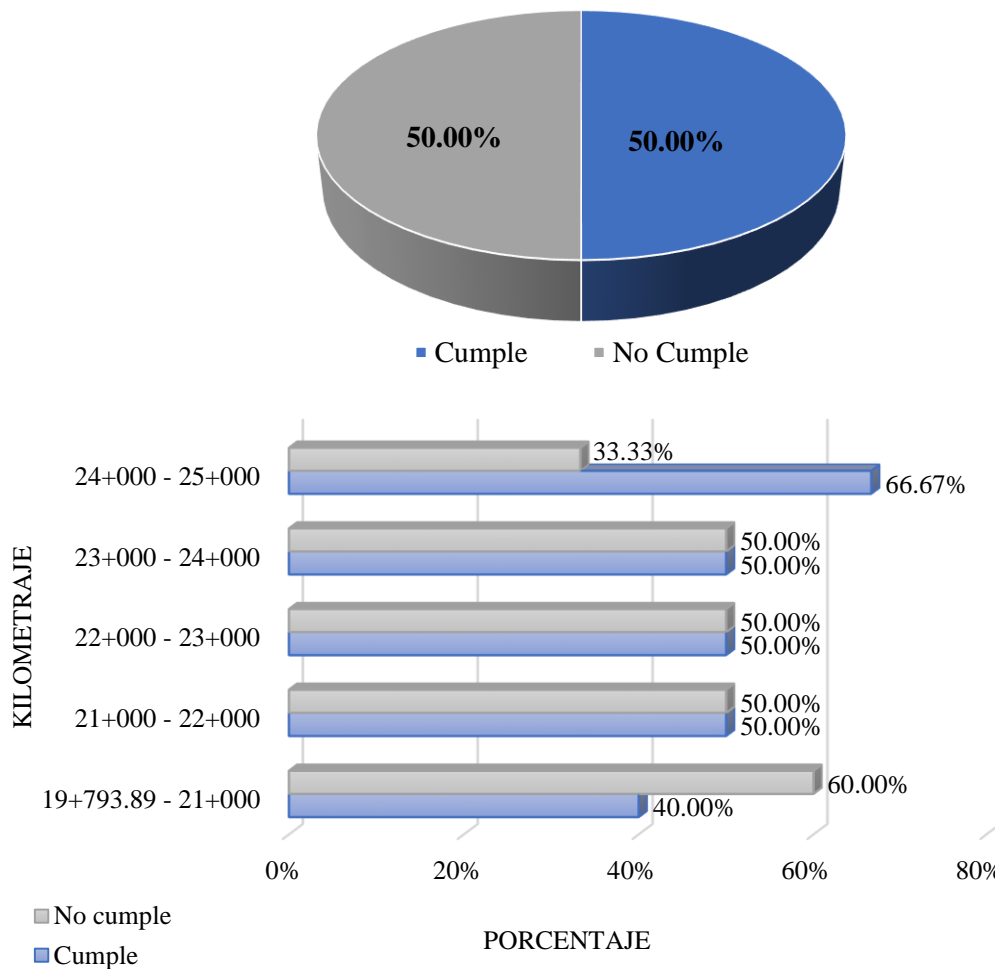
Realizando el mismo procedimiento se obtienen los siguientes resultados.

TABLA N° 24 Verificación distancias de visibilidad de parada

<i>Progresiva</i>		<i>Distancia existente (m)</i>	<i>i % existente (Ascendente)</i>	<i>Dp (m) DG-2018</i>	<i>i % existente (Descendente)</i>	<i>Dp (m) DG-2018</i>	<i>Dp máx (m) DG-2018</i>	<i>Verificación</i>
<i>Inicial</i>	<i>Final</i>							
19+793.98	19+820.13	26.15	5.92%	77.00	-5.92%	92.00	92.00	No Cumple
19+871.68	19+927.56	55.88	3.98%	79.00	-3.98%	88.00	88.00	No Cumple
19+982.91	20+161.45	178.54	3.98%	79.00	-3.98%	88.00	88.00	Cumple
20+539.69	20+610.65	70.96	3.38%	79.00	-3.38%	88.00	88.00	No Cumple
20+844.01	20+960.91	116.9	4.06%	79.00	-4.06%	89.00	89.00	Cumple
21+191.01	21+224.54	33.53	3.66%	79.00	-3.66%	88.00	88.00	No Cumple
21+284.96	21+438.94	153.98	3.66%	79.00	-3.66%	88.00	88.00	Cumple
22+040.30	22+174.94	134.64	4.77%	78.00	-4.77%	90.00	90.00	Cumple
22+218.97	22+248.86	29.89	4.77%	78.00	-4.77%	90.00	90.00	No Cumple
22+328.86	22+451.97	123.11	3.73%	79.00	-3.73%	88.00	88.00	Cumple
22+553.12	22+596.57	43.45	2.11%	83.00	-2.11%	83.00	83.00	No Cumple
22+659.86	22+781.84	121.98	3.10%	80.00	-3.10%	87.00	87.00	Cumple
22+892.66	22+938.02	45.36	3.26%	80.00	-3.26%	87.00	87.00	No Cumple
23+184.11	23+278.39	94.28	2.58%	83.00	-2.58%	83.00	83.00	Cumple
23+391.36	23+418.92	27.56	-0.92%	83.00	0.92%	83.00	83.00	No Cumple
23+591.36	23+718.61	127.25	0.73%	83.00	-0.73%	83.00	83.00	Cumple
23+798.61	23+841.65	43.04	-0.64%	83.00	0.64%	83.00	83.00	No Cumple
24+156.07	24+298.23	142.16	2.91%	83.00	-2.91%	83.00	83.00	Cumple
24+398.23	24+458.39	60.16	6.07%	77.00	-6.07%	92.00	92.00	No Cumple
24+538.39	24+825.30	286.91	2.26%	83.00	-2.26%	83.00	83.00	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO N° 9 Distribuciones porcentual de verificación de distancia de visibilidad de parada.



Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, el 50.00% de las distancias de visibilidad de parada no logran cumplir con lo estipulado por la normativa vigente mientras que el otro 50.00 % si logra superar la distancia mínima exigida, pero si se analiza por kilometraje, el primer kilómetro presenta un 60% de sus tramos que no cumplen con las distancias de visibilidad mínima, mientras que en los siguientes kilómetros existe una distribución uniforme del 50% de incumplimiento y el ultimo kilometro presenta un 33.33% de sus elementos con una distancia inferior a la mínima exigida por la normativa vigente.

4.1.5.3 Distancia de visibilidad de adelantamiento:

La distancia de adelantamiento se analiza en los tramos en tangente, y su determinación según la normativa vigente estará basado en las ecuaciones 3, 4, 5 6 y 7 planteadas en el marco teórico; en tal sentido, según la Tabla N° 3 Elementos

que conforman la distancia de adelantamiento para una velocidad específica en tangente de 60 km/h se tiene que la velocidad del vehículo que adelanta es de 56.2 km/h, el tiempo de maniobra inicial “t₁” es 3.60 segundos, promedio de aceleración de 2.25 km/h/s, tiempo de ocupación de carril contrario “t₂” es 9.30 segundos, y la distancia de seguridad de 30 m, aplicando las ecuaciones se tiene para el primer tramo tangente:

$$D_1 = 0.278(3.6) * (56.20 - 15 + \frac{2.25(3.6)}{2}) = 45.29 \text{ m}$$

$$D_2 = 0.278(56.20)(9.30) = 145.30 \text{ m}$$

$$D_3 = 30.00 \text{ m}$$

$$D_4 = \frac{2}{3}(145.30) = 96.87 \text{ m}$$

$$D_a = 45.29 + 145.30 + 30.00 + 96.87 = 317.46 \text{ m}$$

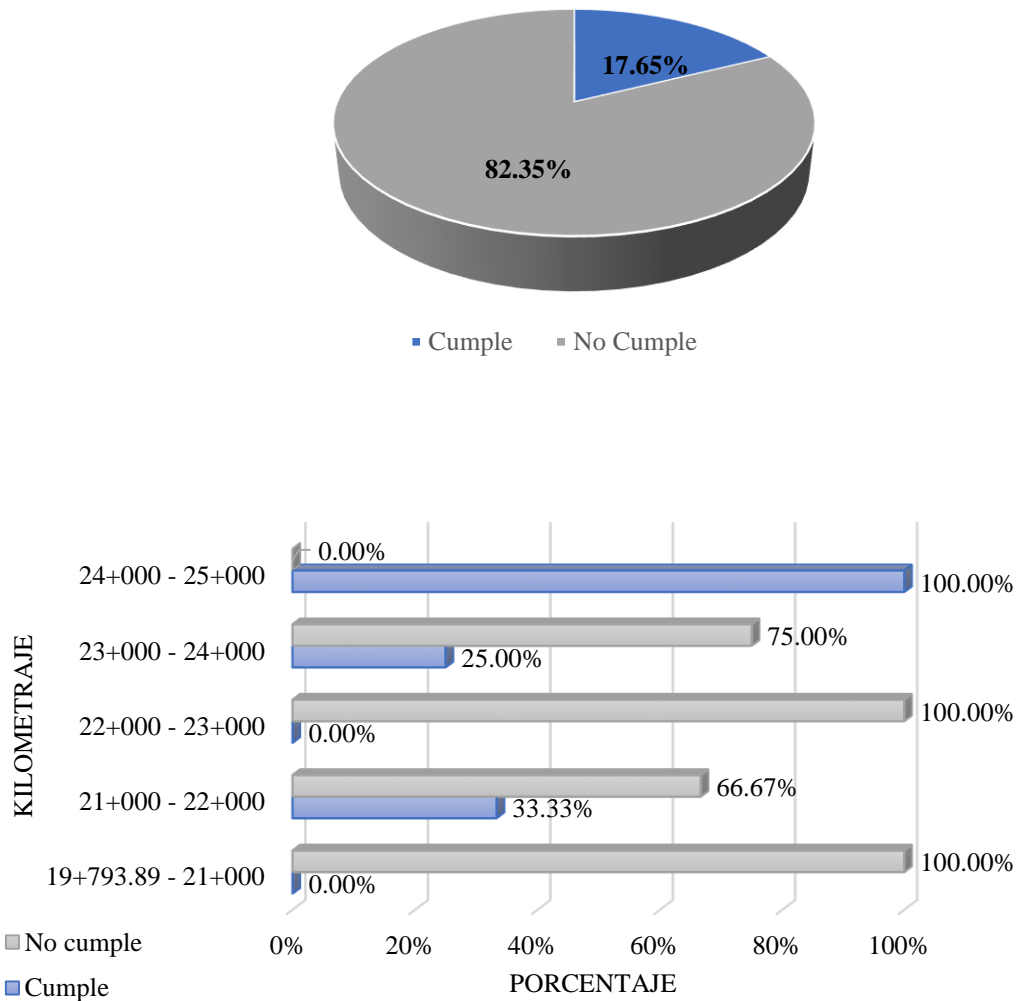
Redondeando el resultado de la distancia de visibilidad de parada al entero superior se obtiene que es de 318.00 m por condición de seguridad, haciendo esto para todos los tramos se obtiene lo siguiente:

TABLA N° 25 Verificación distancias de visibilidad de adelantamiento

<i>Tangente</i>	<i>Progresiva</i>		<i>Longitud Existente (m)</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>	<i>Da (m) DG - 2018</i>	<i>Verificación</i>
	<i>Inicial</i>	<i>Final</i>							
T1	19+793.98	19+927.56	133.58	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T2	19+982.91	20+161.45	178.54	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T3	20+272.99	20+389.15	116.16	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T4	20+464.66	20+494.45	29.79	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T5	20+539.69	20+684.93	145.24	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T6	20+755.15	20+787.77	32.62	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T7	20+844.01	21+075.54	231.53	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T8	21+163.83	21+224.54	60.71	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T9	21+284.96	21+528.85	243.89	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T10	21+712.74	22+174.94	462.20	45.29	145.30	30	96.87	318.00	Cumple
T11	22+218.97	22+487.73	268.76	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T12	22+553.12	22+822.00	268.88	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T13	23+033.41	23+484.82	451.41	45.29	145.30	30	96.87	318.00	Cumple
T14	23+571.53	23+723.75	152.22	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T15	23+791.93	23+882.25	90.32	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T16	23+977.63	24+015.72	38.09	45.29	145.30	30	96.87	318.00	No Cumple
T17	24+156.07	24+825.30	669.23	45.29	145.30	30	96.87	318.00	Cumple

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 10 Distribuciones porcentual de verificación de distancia de visibilidad de parada.



Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, el 82.35% de las distancias de visibilidad de adelantamiento no logran cumplir con lo estipulado por la normativa vigente mientras que el otro 17.65 % si logra superar la distancia mínima exigida, pero si se analiza por kilometraje, se obtiene que el primer kilómetro no presenta distancias de adelantamiento pues el 100% de los tramos no cumplen con lo estipulado en la norma; los siguientes kilómetros presenta un porcentaje mayor al 50% de incumplimiento, limitando las distancias de visibilidad de adelantamiento hasta el último kilómetro en el cual el 100% de sus tramos si cumple con de análisis.

4.1.5.4 Parámetros de elementos de curvas circulares:

Los parámetros de cada una de las curvas circulares están en función de ángulo de deflexión y del radio que éstos elementos presentan, y según las ecuaciones 8, 9, 10, 11 y 12, se pueden determinar la Longitud de subtangente, Longitud de cuerda, Longitud de curva, Longitud de la ordenada media (flecha) y externa respectivamente; la verificación del cumplimiento de estos parámetros estará definido por el radio mínimo planteado por la normativa vigente; es así que para la determinación de los parámetros existentes de la primera curva circular se procedió de la siguiente manera:

Ángulo de deflexión de la curva 01 : $33^{\circ}12'34.56''$

Radio existente en la curva 01 : 95.50 m

$$T_1 = 95.50 * \left(\tan \frac{33^{\circ}12'56''}{2} \right) = 28.48 \text{ m "Longitud de Subtangente"}$$

$$LC_1 = 2 * 95.50 * \left(\sin \frac{33^{\circ}12'56''}{2} \right) = 54.58 \text{ m "Longitud de cuerda"}$$

$$L_1 = 2 * \pi * 95.50 * \left(\frac{33^{\circ}12'56''}{360} \right) = 55.35 \text{ m "Longitud de Curva"}$$

$$M_1 = 95.50 * \left(1 - \cos \frac{33^{\circ}12'56''}{2} \right) = 3.98 \text{ m "Longitud de Flecha"}$$

$$E_1 = 95.50 * \left(\sec \frac{33^{\circ}12'56''}{2} \right) = 4.16 \text{ m "Longitud de Externa"}$$

Del análisis de las secciones transversales para la curva 1 se pudo determinar que el peralte existente en la curva es de 5.85%

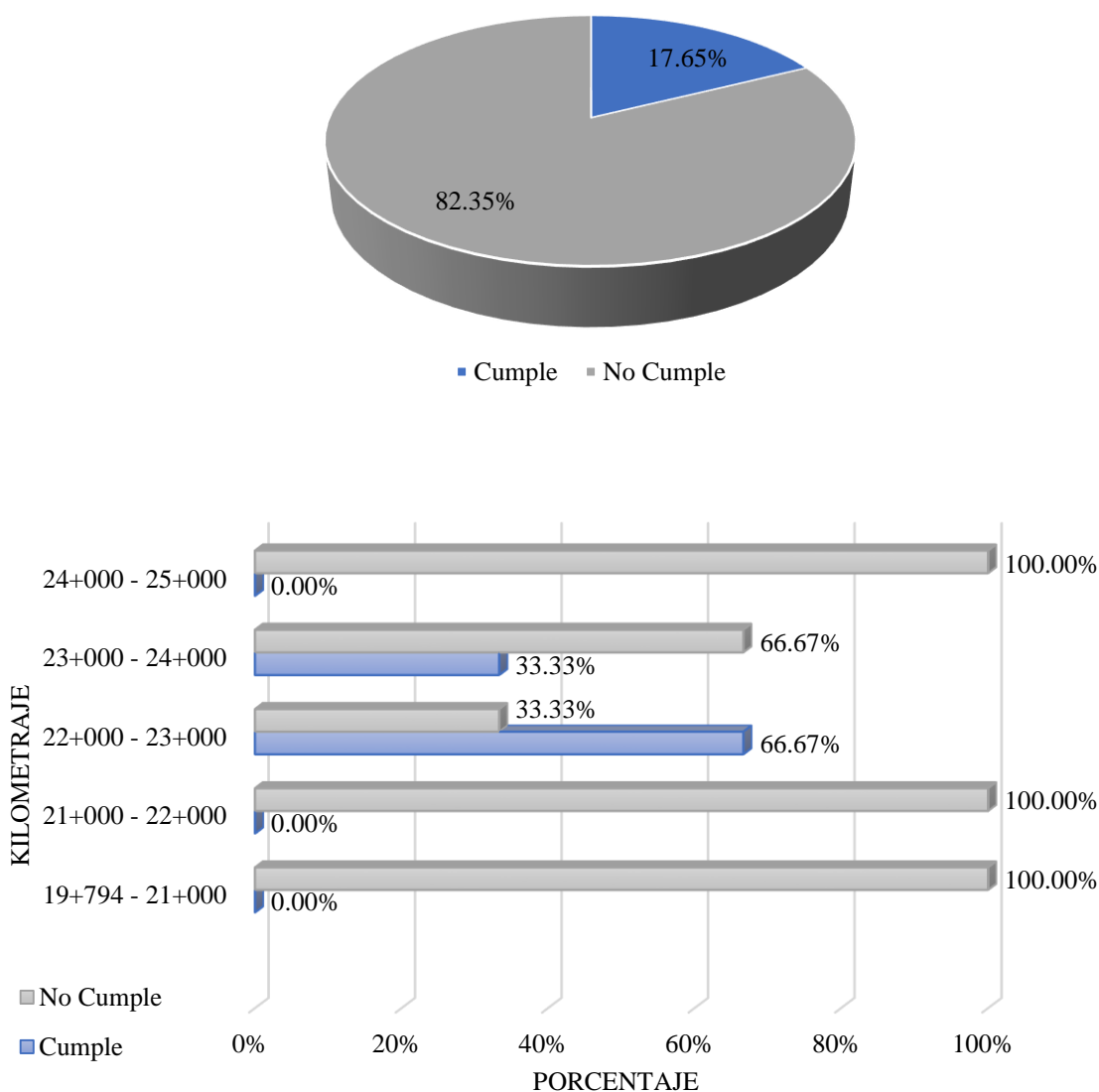
Para el cálculo del radio mínimo determinado por la DG-2018 se empleará la Tabla N°4 Radios mínimos y peraltes máximos para diseño de carreteras, según la tabla se obtiene que para una velocidad de 60 km/h para una topografía plana u ondulada, el radio mínimo es de 125 m, un peralte máximo de 8% y un coeficiente de fricción de 0.15; obteniendo como verificación que el radio existente es menor al radio mínimo, no cumpliendo con dicho condición proporcionando una probabilidad mayor de accidentabilidad y una mayor inseguridad en dicha curva. Realizando dicho procedimiento para las demás curvas se obtiene:

TABLA N° 26 Parámetros de curvas circulares y verificación de radios mínimos

CURVA	Progresiva		CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EN LA CARRETERA								DG - 2018	Verificación
	Inicial	Final	Δ (°)	R (m)	T (m)	L.C (m)	L (m)	M (m)	E (m)	P (%)	Rmín (m)	
C1	19+927.56	19+982.91	33°12'34.56"	95.50	28.48	54.58	55.35	3.98	4.16	5.85%	125	No Cumple
C2	20+161.45	20+272.99	104°54'14.04"	60.92	79.25	96.6	111.5	23.79	39.04	6.31%	125	No Cumple
C3	20+389.15	20+464.66	43°47'56.40"	98.78	39.71	73.69	75.51	7.13	7.68	5.28%	125	No Cumple
C4	20+494.45	20+539.69	28°19'22.80"	91.52	23.09	44.78	45.24	2.78	2.87	4.85%	125	No Cumple
C5	20+684.93	20+755.15	61°17'36.60"	65.64	38.89	66.92	70.22	9.17	10.66	6.28%	125	No Cumple
C6	20+787.77	20+844.01	39°53'43.80"	80.76	29.31	55.1	56.23	4.85	5.15	5.40%	125	No Cumple
C7	21+075.54	21+163.83	49°27'18.72"	102.30	47.11	85.58	88.3	9.38	10.33	5.19%	125	No Cumple
C8	21+224.54	21+284.96	58°29'29.76"	59.19	33.14	57.83	60.42	7.54	8.65	6.06%	125	No Cumple
C9	21+528.85	21+712.74	103°42'8.64"	101.60	129.35	159.8	183.9	38.84	62.88	5.13%	125	No Cumple
C10	22+174.94	22+218.97	24°54'21.24"	101.29	22.37	43.68	44.03	2.38	2.44	5.29%	125	No Cumple
C11	22+487.73	22+553.12	28°15'32.40"	132.59	33.38	64.73	65.39	4.01	4.14	4.78%	125	Cumple
C12	22+822.00	23+033.41	42°51'47.16"	282.60	110.93	206.52	211.4	19.54	20.99	3.66%	125	Cumple
C13	23+484.82	23+571.53	40°39'16.56"	122.20	45.27	84.9	86.71	7.61	8.12	4.98%	125	No Cumple
C14	23+723.75	23+791.93	35°35'45.96"	109.75	35.23	67.09	68.18	5.25	5.52	4.82%	125	No Cumple
C15	23+882.25	23+977.63	3°21'40.68"	1625.77	47.7	95.36	95.38	0.7	0.7	0.35%	125	Cumple
C16	24+015.72	24+156.07	97°28'1.56"	82.50	94.02	124.03	140.4	28.09	42.59	5.96%	125	No Cumple
C17	24+825.30	24+980.68	92°45'53.64"	95.97	100.72	138.96	155.4	29.77	43.15	5.44%	125	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 11 Distribuciones porcentual de verificación de radios mínimos.



Fuente: Elaboración propia

Del total de las curvas circulares, el 82.35% de ellos son inferiores al radio mínimo exigido por la normativa vigente, y solo el 17.35% logra satisfacer dicha condición, analizando por kilometraje, el primer, segundo y quinto kilometro presentan un incumplimiento del 100% del requisito mínimo exigido por la normativa, aumentado la probabilidad de ocurrencia de accidente y por ende una mayor inseguridad en dichos kilómetros,

4.1.5.5 Verificación de distancia de visibilidad en curvas horizontales:

Para que la distancia de visibilidad en curvas horizontales se cumpla, es necesario que exista un ancho libre “a” en la parte interna de la curva circular, éste valor según norma es denominado como ancho libre.

El análisis de las distancias de visibilidad de curvas horizontales está en función de la longitud de desarrollo de la curva circular, distancia de visibilidad de parada y el ancho libre que se tiene; es así que, para la verificación de la primera curva se procederá de la siguiente manera:

Se analizará en primera instancia la distancia de visibilidad de parada existente en la curva, para ello se tomará la pendiente longitudinal que contenga a la curva o con la que se ingresar o salga de la misma (la mayor cual sea el caso), es así que para la primera curva se tiene una pendiente longitudinal ascendente de 3.98% según el perfil longitudinal, y como ésta pendiente es mayor al 3.00%, se aplicara la ecuación 2, con un t_p de 2.50 segundos y una desaceleración de 3.40 m/s^2 obteniendo el siguiente resultado:

$$Dp_1 = 0.278(60)(2.50) + \frac{60^2}{254\left(\frac{3.4}{9.81} + 0.0398\right)} = 78.38 \text{ m}$$

Tomando como condición de medidas enteras superiores se redondea a 79.00 m.

Para el sentido contrario (descendente)

$$Dp_1 = 0.278(60)(2.50) + \frac{60^2}{254\left(\frac{3.4}{9.81} - 0.0398\right)} = 87.90 \text{ m}$$

Tomando como condición de medidas enteras superiores se redondea a 88.00 m, y para la verificación del cumplimiento de la distancia de visibilidad se tomará el mayor valor, siendo el valor más crítico el cual para este caso es de 88.00 m.

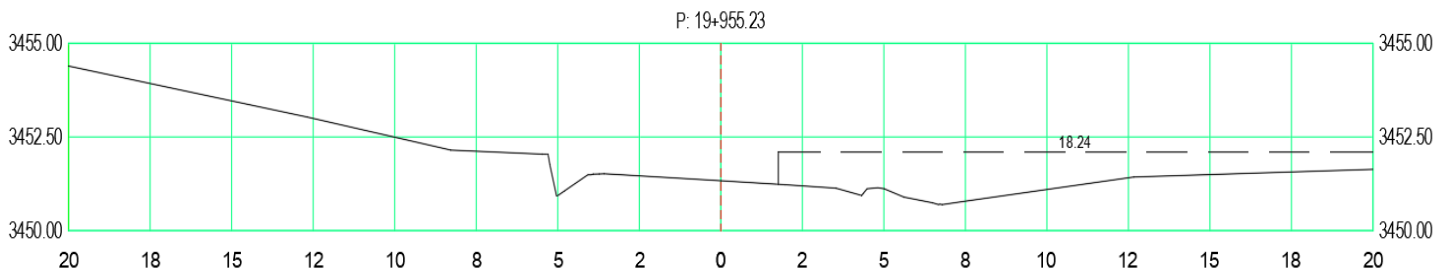
Con los resultados de los parámetros existentes en las curvas circulares se obtiene que el alineamiento que genera la curva 1 presenta una deflexión de $33^\circ 12' 34.56''$, de los parámetros de la curva se tiene un radio de 95.50 m y una longitud de curva de 55.35 m.

En segunda instancia se debe de aplicar el criterio dado por la DG-2018, el cual especifica que existen dos casos particulares, el primero cuando la distancia de visibilidad es menor a la longitud de curva y el otro cuando la distancia de visibilidad supera la longitud de la curva; El caso en que nos encontramos es el segundo ya que la longitud de la curva de 55.35m es inferior a la distancia requerida por la normativa la cual es de 88.00m. así que la norma exige una distancia mínima para que se cumpla la visibilidad en dicha curva la cual va a estar definida por la ecuación 16.

$$a_{min1} = 95.50 * (1 - \text{Cos} \frac{28.65 * 88}{95.50}) = 9.96 \text{ m}$$

El ancho libre mínimo requerido para que se cumpla la visibilidad en la primera curva horizontal es de 9.96m, y según el análisis de las secciones transversales sobre una altura de 0.86 m (promedio entre la altura del ojo del conductor 1.07m y el obstáculo que para términos de visibilidad de parada es de 0.65m) y midiendo la distancia hasta el límite de la visual junto con lo apreciado en el levantamiento topográfico, esta curva presenta una visual totalmente libre, cumpliendo con lo exigido por la norma.

FIGURA N° 23 Sección transversal para el análisis de la distancia de visibilidad para la curva 1.



Fuente: Elaboración propia

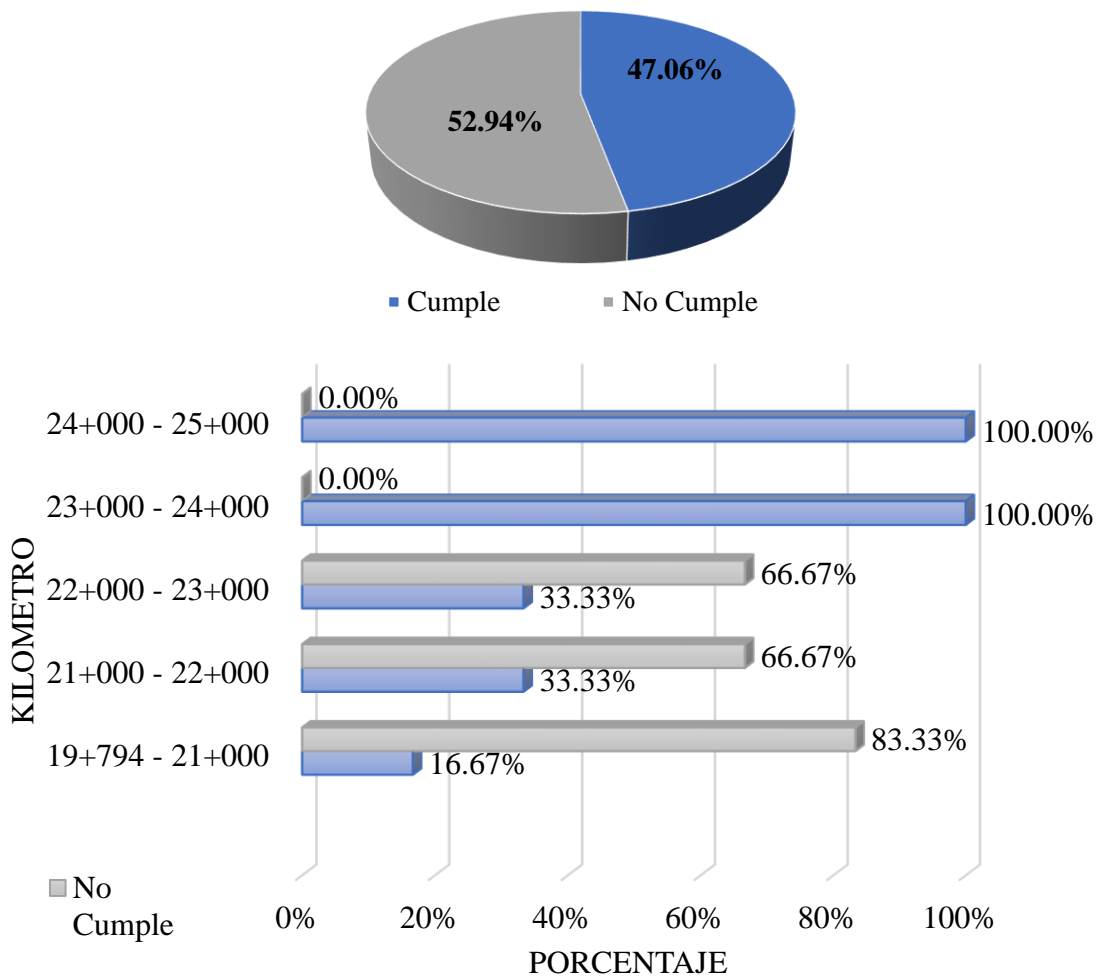
Realizando el mismo análisis para el resto de curvas se tiene:

TABLA N° 27 Verificación distancias de visibilidad de parada en curvas horizontales

CURVA	Progresiva		Características geométricas existentes en curvas horizontales					Distancia de Parada DG-2018			Análisis según DG-2018		Ancho despejado (a) existente (m)	Verificación
	Inicial	Final	Δ (°)	L (m)	R (m)	i% (+)	i% (-)	Dp Ascendente (m)	Dp Descendente (m)	Dp máxima (m)	Caso I : L > Dp Caso II : L < Dp	Caso I : a máx (m) Casi II : a mín (m)		
C1	19+927.56	19+982.91	33°12'34.56"	55.35	95.50	3.98%	-3.98%	79	88	88	Caso II	9.96	Libre	Cumple
C2	20+161.45	20+272.99	104°54'14.04"	111.54	60.92	3.98%	-3.98%	79	88	88	Caso I	15.89	4.99	No Cumple
C3	20+389.15	20+464.66	43°47'56.40"	75.51	98.78	4.36%	-4.36%	79	89	89	Caso II	9.86	4.71	No Cumple
C4	20+494.45	20+539.69	28°19'22.80"	45.24	91.52	3.38%	-3.38%	79	88	88	Caso II	10.38	2.88	No Cumple
C5	20+684.93	20+755.15	61°17'36.60"	70.22	65.64	6.70%	-6.70%	76	93	93	Caso II	15.80	4.74	No Cumple
C6	20+787.77	20+844.01	39°53'43.80"	56.24	80.76	4.06%	-4.06%	79	89	89	Caso II	11.95	4.34	No Cumple
C7	21+075.54	21+163.83	49°27'18.72"	88.29	102.30	3.66%	-3.66%	79	88	88	Caso I	9.46	Libre	Cumple
C8	21+224.54	21+284.96	58°29'29.76"	60.42	59.19	3.66%	-3.66%	79	88	88	Caso II	15.62	4.56	No Cumple
C9	21+528.85	21+712.74	103°42'8.64"	183.89	101.60	4.77%	-4.77%	78	90	90	Caso I	9.97	5.35	No Cumple
C10	22+174.94	22+218.97	24°54'21.24"	44.03	101.29	4.77%	-4.77%	78	90	90	Caso II	9.83	3.55	No Cumple
C11	22+487.73	22+553.12	28°15'32.40"	65.39	132.59	2.11%	-2.11%	83	83	83	Caso II	6.44	4.23	No Cumple
C12	22+822.00	23+033.41	42°51'47.16"	211.41	282.60	3.26%	-3.26%	80	87	87	Caso I	3.35	6.09	Cumple
C13	23+484.82	23+571.53	40°39'16.56"	86.71	122.20	-0.92%	0.92%	83	83	83	Caso I	7.05	Libre	Cumple
C14	23+723.75	23+791.93	35°35'45.96"	68.18	109.75	0.73%	-0.73%	83	83	83	Caso II	7.75	13.48	Cumple
C15	23+882.25	23+977.63	3°21'40.68"	95.38	1625.77	2.91%	-2.91%	83	83	83	Caso I	0.53	5.00	Cumple
C16	24+015.72	24+156.07	97°28'1.56"	140.35	82.50	2.91%	-2.91%	83	83	83	Caso I	10.44	Libre	Cumple
C17	24+825.30	24+980.68	92°45'53.64"	155.38	95.97	2.26%	-2.26%	83	83	83	Caso I	8.97	Libre	Cumple

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 12 Distribuciones porcentual de verificación de distancias de visibilidad en curvas horizontales.



Fuente: Elaboración propia

El 52.94 % de las curvas circulares existentes no presentan un adecuado ancho libre en el talud el cual permita una distancia de visibilidad de parada mínima exigida, y con respecto al kilometraje que presenta un mayor porcentaje de incumplimiento con dicho valor es el primer kilómetro, en el cual del total de curvas que existen en este el 83.33% de curvas no cumplen con el ancho libre, generando una mayor inseguridad en dicho kilómetro.

4.1.5.6 Verificación de distancia de sobrecanchos:

Los sobrecanchos son aplicados en curvas circulares con el objetivo de asegurar espacios libres adecuados para el giro vehicular, como se ha visto en el ítem 4.1.3 Vehículo de diseño, se ha obtenido que es la unidad B3-1 el vehículo rígido que presenta la condición más crítica para el cálculo del sobrecancho, y teniendo con

consideración lo exigido por la ecuación 29 para el cálculo del sobreebanco mínimos exigidos por la normativa se tiene lo siguiente para la primera curva.

Número de carriles en la vía	:	2
Radio de la curva circular 1	:	95.50 m
Distancia entre eje posterior y parte frontal	:	7.55 + 2.40 = 9.95 m
Velocidad de diseño	:	60 km/h

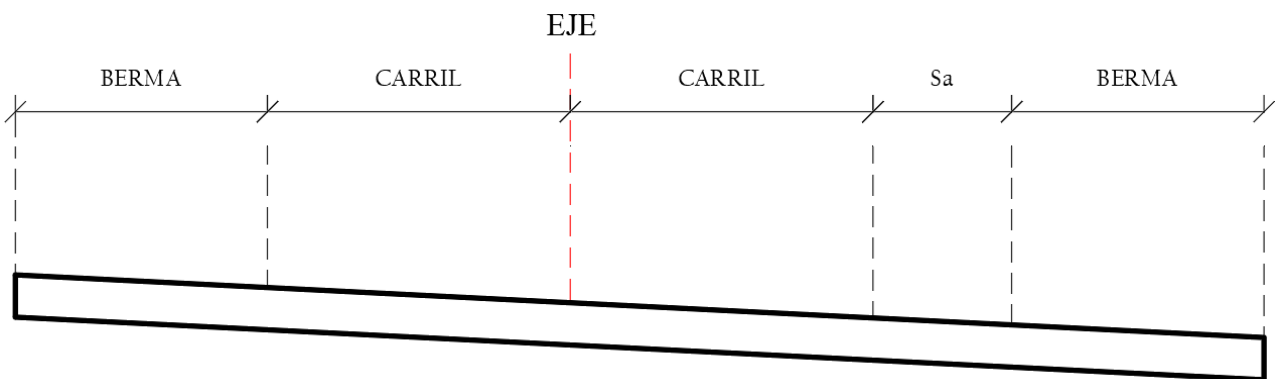
$$S_{a_1} = 2 \left(95.50 - \sqrt{95.50^2 - 9.95^2} \right) + \frac{60}{10\sqrt{95.50}} = 1.65 \text{ m}$$

Lo exigido por la normativa es un sobreebanco de 1.65 m para la curva 1.

Para la determinación del sobreebanco existente en la curvatura se aplicará el siguiente criterio:

En primera instancia, analizando la figura N° 10 Sección Transversal Típica a media ladera – vías de dos carriles en curva, se puede apreciar que la medida del sobreebanco va fuera del ancho de bermas, en consecuencia, el ancho de sobreebanco existente será la diferencia entre la distancia del eje de la carretera al extremo interior de la berma con el ancho de carril dado estipulado por norma, tal como se muestra a continuación.

FIGURA N° 24 Sección transversal de la corona para el análisis del sobreebanco en curvas horizontales.



Fuente: Elaboración propia

Para la curva 01, la distancia existente desde el eje a la berma interior es de 3.42 m, considerando que la calzada reglamentaria es de mínima es de 7.20 m, esto quiere decir que el ancho de carril mínimo es de 3.60m, realizando una diferencia se aprecia que en esta sección no presenta sobreebanco alguno.

Realizando el mismo análisis para las diferentes curvas se obtiene:

TABLA N° 28 Verificación distancias de sobreebanco en curvas horizontales

CURVA	Progresiva		CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EN LA CARRETERA			DG - 2018		Verificación
	Inicial	Final	Δ (°)	R (m)	Sa (m) Existente	Sa (m) Existente	Sa (m)	
C1	19+927.56	19+982.91	33°12'34.56"	95.50	-0.18	0.00	1.65	No Cumple
C2	20+161.45	20+272.99	104°54'14.04"	60.92	0.44	0.44	2.4	No Cumple
C3	20+389.15	20+464.66	43°47'56.40"	98.78	0.15	0.15	1.61	No Cumple
C4	20+494.45	20+539.69	28°19'22.80"	91.52	0.10	0.10	1.71	No Cumple
C5	20+684.93	20+755.15	61°17'36.60"	65.64	1.20	1.20	2.26	No Cumple
C6	20+787.77	20+844.01	39°53'43.80"	80.76	0.61	0.61	1.9	No Cumple
C7	21+075.54	21+163.83	49°27'18.72"	102.30	0.24	0.24	1.56	No Cumple
C8	21+224.54	21+284.96	58°29'29.76"	59.19	0.39	0.39	2.46	No Cumple
C9	21+528.85	21+712.74	103°42'8.64"	101.60	0.04	0.04	1.57	No Cumple
C10	22+174.94	22+218.97	24°54'21.24"	101.29	0.04	0.04	1.58	No Cumple
C11	22+487.73	22+553.12	28°15'32.40"	132.59	0.29	0.29	1.27	No Cumple
C12	22+822.00	23+033.41	42°51'47.16"	282.60	0.42	0.42	0.71	No Cumple
C13	23+484.82	23+571.53	40°39'16.56"	122.20	0.64	0.64	1.35	No Cumple
C14	23+723.75	23+791.93	35°35'45.96"	109.75	0.40	0.40	1.48	No Cumple
C15	23+882.25	23+977.63	3°21'40.68"	1625.77	-0.54	0.00	0.21	No Cumple
C16	24+015.72	24+156.07	97°28'1.56"	82.50	0.26	0.26	1.86	No Cumple
C17	24+825.30	24+980.68	92°45'53.64"	95.97	0.43	0.43	1.65	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla 25, el 100% de las curvas horizontales no cumple con las distancias de sobreebanco exigidos por la normativa vigente, aumentando la probabilidad de ocurrencia de accidente a lo largo de toda la carretera.

4.1.6 Parámetros existentes en Perfil.

4.1.6.1 Verificación de pendientes mínimas y pendientes máximas:

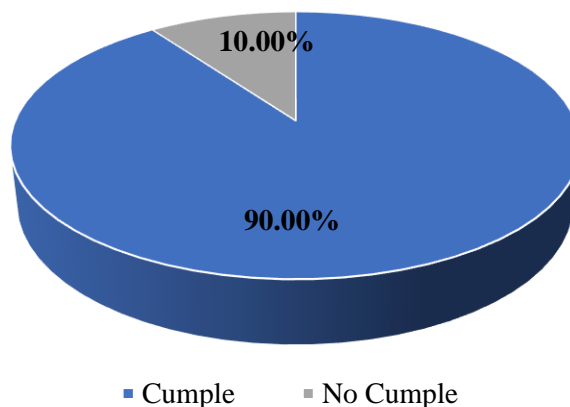
Del análisis del perfil longitudinal se puede obtener los tramos y las pendientes, estos estarán comprendidos entre los PIV's; así también, según la tabla N°8 Pendientes máximas (%), se puede obtener que para una velocidad de diseño de 60 km/h, carretera de primera clase y orografía transversal del tipo 1 y 2, la pendiente longitudinal máxima es del 6.00%, y la pendiente mínima para asegurar el drenaje de aguas superficiales es de 0.50%. Procesando dicha información se tiene los siguientes resultados:

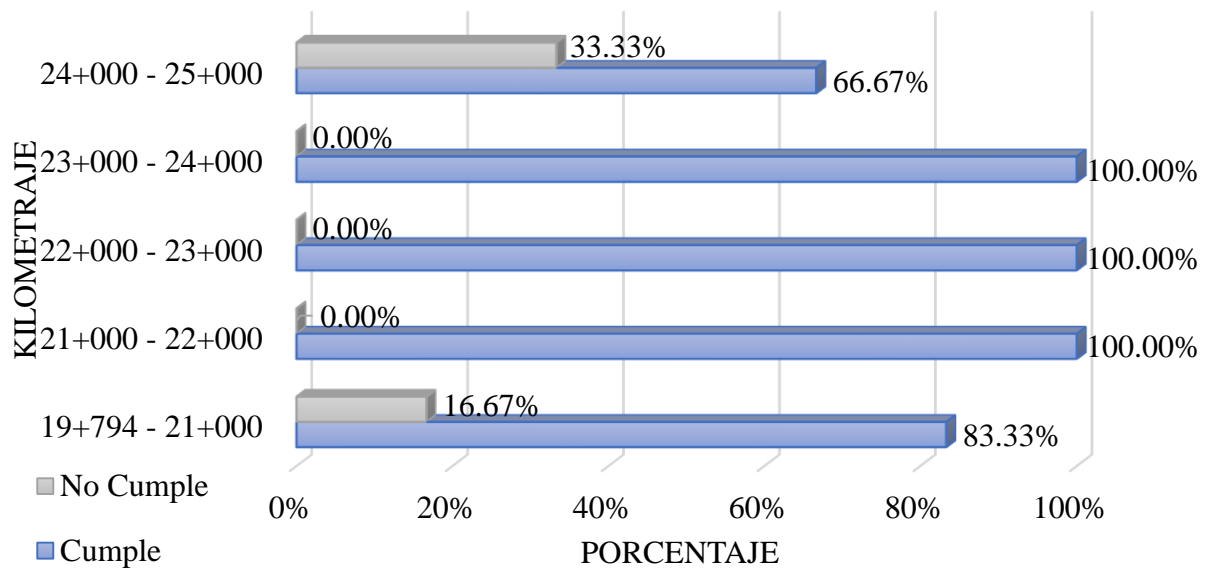
TABLA N° 29 Verificación distancias de pendientes mínimas y máximas

<i>Progresiva</i>		<i>i (%) existente</i>	<i>Pendiente DG - 2018</i>		<i>Verificación</i>
<i>PIV_{i-1}</i>	<i>PIV_i</i>		<i>i mín (%)</i>	<i>i máx (%)</i>	
19+793.98	19+845.90	5.92%	0.50%	6.00%	Cumple
19+845.90	20+324.54	3.98%	0.50%	6.00%	Cumple
20+324.54	20+457.99	4.36%	0.50%	6.00%	Cumple
20+457.99	20+660.05	3.38%	0.50%	6.00%	Cumple
20+660.05	20+751.82	6.70%	0.50%	6.00%	No Cumple
20+751.82	21+075.96	4.06%	0.50%	6.00%	Cumple
21+075.96	21+739.62	3.66%	0.50%	6.00%	Cumple
21+739.62	22+288.86	4.77%	0.50%	6.00%	Cumple
22+288.86	22+490.16	3.73%	0.50%	6.00%	Cumple
22+490.16	22+628.21	2.11%	0.50%	6.00%	Cumple
22+628.21	22+837.25	3.10%	0.50%	6.00%	Cumple
22+837.25	23+061.07	3.26%	0.50%	6.00%	Cumple
23+061.07	23+334.88	2.58%	0.50%	6.00%	Cumple
23+334.88	23+505.14	-0.92%	0.50%	6.00%	Cumple
23+505.14	23+758.61	0.73%	0.50%	6.00%	Cumple
23+758.61	23+911.04	-0.64%	0.50%	6.00%	Cumple
23+911.04	24+348.23	2.91%	0.50%	6.00%	Cumple
24+348.23	24+498.39	6.07%	0.50%	6.00%	No Cumple
24+498.39	24+966.40	2.26%	0.50%	6.00%	Cumple
24+966.40	25+000.00	3.93%	0.50%	6.00%	Cumple

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 13 Distribuciones porcentual de verificación de pendientes longitudinales mínimas y máximas.





Fuente: Elaboración propia.

En términos generales, se observa que la carretera presenta un 10% de tramos que logran superar el valor máximo de la pendiente máxima, visto por kilometraje, se aprecia que es el primer kilómetro y el último el cual presentan tramos que superan el valor máximo dado por la normativa.

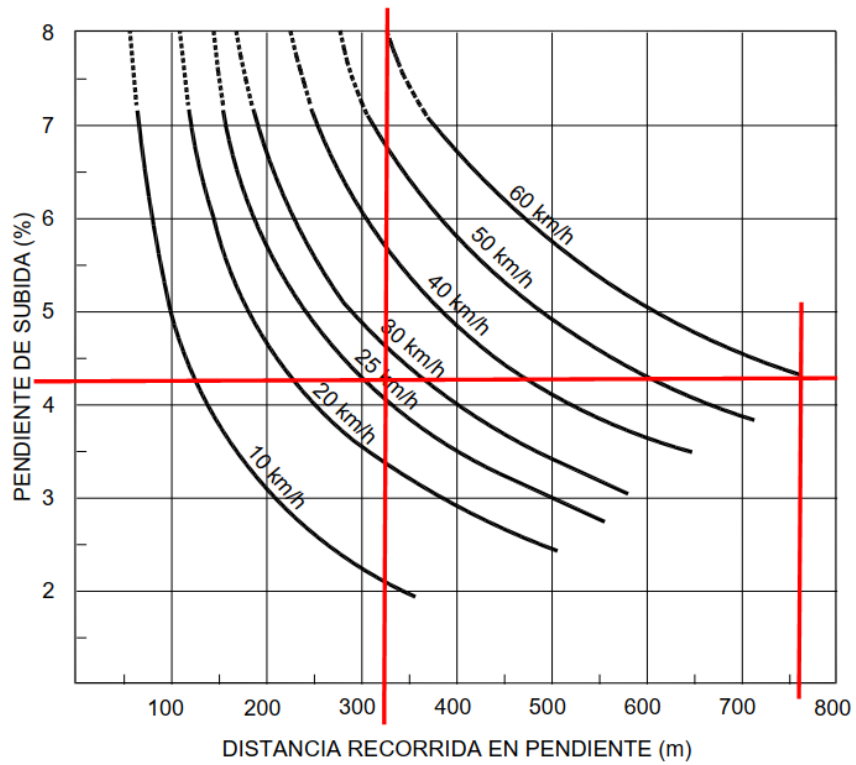
4.1.6.2 Verificación de longitudes máximas en pendientes:

Cuando se tiene longitudes prolongadas en tramos en pendiente, la velocidad de operación de los vehículos varía con respecto a los tramos horizontales, esto hace que los cambios de velocidades puedan llegar a sorprender a los conductores generando incomodidades en la conducción; La normativa vigente expresa a través de un ábaco las longitudes máximas en función de las pendientes dadas si se desea evitar un cambio superior de 15 km/h en la velocidad de operación, dicho ábaco es presentado en la figura N° 5. Longitudes Críticas en Pendiente.

De la figura N° 5 se puede deducir que para la velocidad de 60 km/h las distancias recorrida en pendiente va desde 325 m. a 760 m, esto claro con pendientes que van desde 4.25% hasta 8.00%, para pendientes inferiores a 4.25% es necesario longitudes mayores a los 760 m. (Ver figura N° 24)

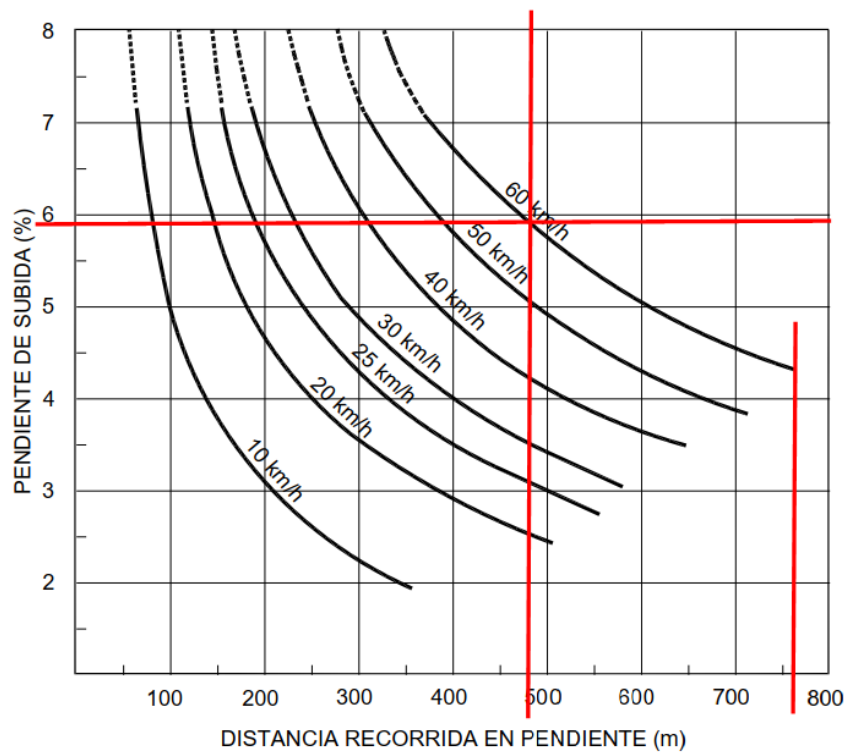
Para el primer tramo determinado en el perfil longitudinal se tiene que existe una pendiente de 5.92%, al realizar la intersección en el ábaco se tiene:

FIGURA N° 25 Longitud máxima en pendientes para la velocidad de 60 km/h.



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N° 26 Longitud máxima para la curva 1 con pendiente 5.92%.



Fuente: Elaboración propia.

Realizando dicho procedimiento al resto de curvas se tiene:

TABLA N° 30 Verificación de longitud máxima en pendientes

<i>Progresiva</i>		<i>i (%) existente</i>	<i>Longitud existente (m)</i>	<i>Longitud DG - 2018</i>	<i>Verificación</i>
<i>PIV_{i-1}</i>	<i>PIV_i</i>				
19+793.98	19+845.90	5.92%	51.92	470	Cumple
19+845.90	20+324.54	3.98%	478.64	760	Cumple
20+324.54	20+457.99	4.36%	133.45	455	Cumple
20+457.99	20+660.05	3.38%	202.06	760	Cumple
20+660.05	20+751.82	6.70%	91.77	405	Cumple
20+751.82	21+075.96	4.06%	324.14	760	Cumple
21+075.96	21+739.62	3.66%	663.66	760	Cumple
21+739.62	22+288.86	4.77%	549.24	650	Cumple
22+288.86	22+490.16	3.73%	201.30	760	Cumple
22+490.16	22+628.21	2.11%	138.05	760	Cumple
22+628.21	22+837.25	3.10%	209.04	760	Cumple
22+837.25	23+061.07	3.26%	223.82	760	Cumple
23+061.07	23+334.88	2.58%	273.81	760	Cumple
23+334.88	23+505.14	-0.92%	170.26	760	Cumple
23+505.14	23+758.61	0.73%	253.47	760	Cumple
23+758.61	23+911.04	-0.64%	152.43	760	Cumple
23+911.04	24+348.23	2.91%	437.19	760	Cumple
24+348.23	24+498.39	6.07%	150.16	455	Cumple
24+498.39	24+966.40	2.26%	468.01	760	Cumple
24+966.40	25+000.00	3.93%	33.60	760	Cumple

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede ver que todas las longitudes existentes de todos los tramos en pendiente son inferiores a la longitud máxima dada por la norma, es decir, el 100% cumple con la verificación longitud máxima en pendientes.

4.1.6.3 Parámetros de curvas verticales existentes:

Del levantamiento topográfico se pudo determinar los parámetros de cada una de las curvas verticales existentes en la carretera:

TABLA N° 31 Parámetros de curvas verticales existentes

<i>Curva</i>	<i>Progresivas</i>			<i>Pendientes</i>		<i>K</i>	<i>Longitud C.V (m)</i>	<i>Tipo</i>	<i>A</i>	
	<i>PCV</i>	<i>PIV</i>	<i>PTV</i>	<i>PI (%)</i>	<i>P2 (%)</i>					
CV1	19+820.13	19+845.90	19+871.68	5.92%	3.98%	26.542	51.55	Convexa	Tipo 2	1.94%
CV2	20+250.56	20+324.54	20+398.53	3.98%	4.36%	387.338	147.97	Concava	Tipo 4	-0.38%
CV3	20+417.99	20+457.99	20+497.99	4.36%	3.38%	82.004	80.00	Convexa	Tipo 2	0.98%
CV4	20+610.65	20+660.05	20+709.45	3.38%	6.70%	29.800	98.80	Concava	Tipo 4	-3.32%
CV5	20+714.25	20+751.82	20+789.40	6.70%	4.06%	28.473	75.15	Convexa	Tipo 2	2.64%
CV6	20+960.91	21+075.96	21+191.01	4.06%	3.66%	575.190	230.10	Convexa	Tipo 2	0.40%
CV7	21+438.94	21+739.62	22+040.30	3.66%	4.77%	538.557	601.36	Concava	Tipo 4	-1.11%
CV8	22+248.86	22+288.86	22+328.86	4.77%	3.73%	76.696	80.00	Convexa	Tipo 2	1.04%
CV9	22+451.97	22+490.16	22+528.35	3.73%	2.11%	47.198	76.38	Convexa	Tipo 2	1.62%
CV10	22+596.57	22+628.21	22+659.86	2.11%	3.10%	64.289	63.29	Concava	Tipo 4	-0.99%
CV11	22+781.84	22+837.25	22+892.66	3.10%	3.26%	674.844	110.82	Concava	Tipo 4	-0.16%
CV12	22+938.02	23+061.07	23+184.11	3.26%	2.58%	360.465	246.09	Convexa	Tipo 2	0.68%
CV13	23+278.39	23+334.88	23+391.36	2.58%	-0.92%	32.261	112.97	Convexa	Tipo 1	1.66%
CV14	23+418.92	23+505.14	23+591.36	-0.92%	0.73%	104.427	172.44	Concava	Tipo 3	0.19%
CV15	23+718.61	23+758.61	23+798.61	0.73%	-0.64%	58.564	80.00	Convexa	Tipo 1	0.09%
CV16	23+841.65	23+911.04	23+980.44	-0.64%	2.91%	39.169	138.79	Concava	Tipo 3	-2.27%
CV17	24+298.23	24+348.23	24+398.23	2.91%	6.07%	31.559	100.00	Concava	Tipo 4	-3.16%
CV18	24+458.39	24+498.39	24+538.39	6.07%	2.26%	20.963	80.00	Convexa	Tipo 2	3.81%
CV19	24+940.51	24+966.40	24+992.30	2.26%	3.93%	30.916	51.79	Concava	Tipo 4	-1.67%

Fuente: Elaboración propia

4.1.7 Parámetros existentes en sección transversal.

4.1.7.1 Verificación de anchos de bermas y calzadas existentes:

<i>Sección</i>								
<i>Nº</i>	<i>Progresiva</i>	<i>Ancho de Corona Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada DG-2018 (7.20 m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda DG-2018 (3.00 m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha DG-2018 (3.00 m)</i>
1	19+793.98	8.35	7.03	0.68	0.65	No Cumple	No Cumple	No Cumple
2	19+800.00	8.33	6.91	0.69	0.73	No Cumple	No Cumple	No Cumple
3	19+820.00	8.34	6.61	0.72	1.02	No Cumple	No Cumple	No Cumple
4	19+840.00	8.40	6.51	0.64	1.26	No Cumple	No Cumple	No Cumple
5	19+860.00	8.00	6.46	0.47	1.08	No Cumple	No Cumple	No Cumple
6	19+880.00	7.81	6.54	0.27	1.00	No Cumple	No Cumple	No Cumple
7	19+900.00	8.17	6.68	0.70	0.79	No Cumple	No Cumple	No Cumple
8	19+920.00	8.49	6.77	1.13	0.59	No Cumple	No Cumple	No Cumple
9	19+940.00	8.75	7.24	0.49	1.02	Cumple	No Cumple	No Cumple
10	19+960.00	8.08	7.07	0.47	0.54	No Cumple	No Cumple	No Cumple
11	19+980.00	8.50	7.07	0.95	0.48	No Cumple	No Cumple	No Cumple
12	20+000.00	8.17	6.89	0.92	0.36	No Cumple	No Cumple	No Cumple
13	20+020.00	7.69	6.72	0.51	0.46	No Cumple	No Cumple	No Cumple
14	20+040.00	7.49	6.61	0.24	0.64	No Cumple	No Cumple	No Cumple
15	20+060.00	7.65	6.53	0.42	0.70	No Cumple	No Cumple	No Cumple
16	20+080.00	7.75	6.55	0.56	0.64	No Cumple	No Cumple	No Cumple
17	20+100.00	7.85	6.58	0.69	0.58	No Cumple	No Cumple	No Cumple
18	20+120.00	8.04	6.59	0.87	0.58	No Cumple	No Cumple	No Cumple
19	20+140.00	8.13	6.74	0.88	0.51	No Cumple	No Cumple	No Cumple
20	20+160.00	8.18	6.95	0.86	0.37	No Cumple	No Cumple	No Cumple
21	20+180.00	9.09	7.51	1.14	0.44	Cumple	No Cumple	No Cumple
22	20+200.00	9.10	7.73	0.92	0.44	Cumple	No Cumple	No Cumple
23	20+220.00	9.24	7.91	0.86	0.47	Cumple	No Cumple	No Cumple
24	20+240.00	9.79	7.88	1.42	0.48	Cumple	No Cumple	No Cumple
25	20+260.00	8.53	7.29	0.79	0.46	Cumple	No Cumple	No Cumple
26	20+280.00	7.52	6.83	0.41	0.29	No Cumple	No Cumple	No Cumple
27	20+300.00	7.29	6.84	0.25	0.20	No Cumple	No Cumple	No Cumple
28	20+320.00	7.39	6.88	0.28	0.22	No Cumple	No Cumple	No Cumple
29	20+340.00	7.48	6.92	0.31	0.25	No Cumple	No Cumple	No Cumple
30	20+360.00	7.58	6.97	0.33	0.28	No Cumple	No Cumple	No Cumple
31	20+380.00	7.98	7.08	0.51	0.39	No Cumple	No Cumple	No Cumple
32	20+400.00	8.21	7.10	0.58	0.53	No Cumple	No Cumple	No Cumple
33	20+420.00	8.34	7.35	0.54	0.44	Cumple	No Cumple	No Cumple
34	20+440.00	8.33	7.45	0.46	0.43	Cumple	No Cumple	No Cumple
35	20+460.00	7.92	7.05	0.53	0.35	No Cumple	No Cumple	No Cumple
36	20+480.00	8.34	7.29	0.72	0.34	Cumple	No Cumple	No Cumple
37	20+500.00	8.90	7.74	0.73	0.43	Cumple	No Cumple	No Cumple
38	20+520.00	8.57	7.63	0.47	0.47	Cumple	No Cumple	No Cumple
39	20+540.00	8.35	7.39	0.48	0.48	Cumple	No Cumple	No Cumple
40	20+560.00	7.94	7.06	0.46	0.41	No Cumple	No Cumple	No Cumple
41	20+580.00	7.58	6.83	0.35	0.40	No Cumple	No Cumple	No Cumple

<u>Sección</u>		Ancho de Corona Existente (m)	Ancho de Calzada Existente (m)	Ancho de Berma Izquierda Existente (m)	Ancho de Berma Derecha Existente (m)	Ancho de Calzada DG-2018 (m)	Ancho de Berma Izquierda DG-2018 (m)	Ancho de Berma Derecha DG-2018 (m)
Nº	Progresiva							
42	20+600.00	7.39	6.74	0.27	0.39	No Cumple	No Cumple	No Cumple
43	20+620.00	7.33	6.74	0.20	0.39	No Cumple	No Cumple	No Cumple
44	20+640.00	7.48	6.77	0.30	0.41	No Cumple	No Cumple	No Cumple
45	20+660.00	8.26	7.19	0.52	0.55	No Cumple	No Cumple	No Cumple
46	20+680.00	9.21	7.88	0.77	0.56	Cumple	No Cumple	No Cumple
47	20+700.00	10.05	8.70	0.54	0.81	Cumple	No Cumple	No Cumple
48	20+720.00	10.37	9.19	0.31	0.88	Cumple	No Cumple	No Cumple
49	20+740.00	9.58	8.61	0.41	0.56	Cumple	No Cumple	No Cumple
50	20+760.00	9.25	8.01	0.59	0.64	Cumple	No Cumple	No Cumple
51	20+780.00	8.14	7.27	0.44	0.43	Cumple	No Cumple	No Cumple
52	20+800.00	9.35	8.28	0.42	0.65	Cumple	No Cumple	No Cumple
53	20+820.00	9.65	8.27	0.99	0.39	Cumple	No Cumple	No Cumple
54	20+840.00	8.53	7.13	0.82	0.59	No Cumple	No Cumple	No Cumple
55	20+860.00	8.32	6.72	0.99	0.62	No Cumple	No Cumple	No Cumple
56	20+880.00	8.40	6.67	1.05	0.69	No Cumple	No Cumple	No Cumple
57	20+900.00	8.48	6.61	1.11	0.77	No Cumple	No Cumple	No Cumple
58	20+920.00	8.56	6.56	1.17	0.84	No Cumple	No Cumple	No Cumple
59	20+940.00	8.64	6.50	1.22	0.92	No Cumple	No Cumple	No Cumple
60	20+960.00	8.56	6.47	1.21	0.88	No Cumple	No Cumple	No Cumple
61	20+980.00	8.40	6.43	1.17	0.80	No Cumple	No Cumple	No Cumple
62	21+000.00	8.25	6.40	1.12	0.73	No Cumple	No Cumple	No Cumple
63	21+020.00	8.20	6.44	1.06	0.70	No Cumple	No Cumple	No Cumple
64	21+040.00	8.17	6.50	0.99	0.68	No Cumple	No Cumple	No Cumple
65	21+060.00	8.57	6.63	1.05	0.89	No Cumple	No Cumple	No Cumple
66	21+080.00	9.09	7.40	0.93	0.77	Cumple	No Cumple	No Cumple
67	21+100.00	9.32	7.85	0.93	0.54	Cumple	No Cumple	No Cumple
68	21+120.00	8.97	7.66	0.92	0.39	Cumple	No Cumple	No Cumple
69	21+140.00	8.57	7.44	0.71	0.41	Cumple	No Cumple	No Cumple
70	21+160.00	8.39	7.13	0.75	0.51	No Cumple	No Cumple	No Cumple
71	21+180.00	8.41	7.20	0.62	0.59	No Cumple	No Cumple	No Cumple
72	21+200.00	8.26	7.06	0.47	0.74	No Cumple	No Cumple	No Cumple
73	21+220.00	8.34	7.09	0.56	0.68	No Cumple	No Cumple	No Cumple
74	21+240.00	8.64	7.21	0.61	0.81	Cumple	No Cumple	No Cumple
75	21+260.00	8.78	7.41	0.48	0.89	Cumple	No Cumple	No Cumple
76	21+280.00	8.81	7.23	0.62	0.95	Cumple	No Cumple	No Cumple
77	21+300.00	8.22	6.97	0.66	0.59	No Cumple	No Cumple	No Cumple
78	21+320.00	8.01	6.85	0.65	0.52	No Cumple	No Cumple	No Cumple
79	21+340.00	7.92	6.91	0.75	0.26	No Cumple	No Cumple	No Cumple
80	21+360.00	7.86	6.91	0.61	0.33	No Cumple	No Cumple	No Cumple
81	21+380.00	7.66	6.74	0.52	0.40	No Cumple	No Cumple	No Cumple
82	21+400.00	7.61	6.62	0.45	0.54	No Cumple	No Cumple	No Cumple
83	21+420.00	7.64	6.66	0.44	0.54	No Cumple	No Cumple	No Cumple
84	21+440.00	7.65	6.68	0.43	0.54	No Cumple	No Cumple	No Cumple

<i>Sección</i>		<i>Ancho de Corona Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada DG-2018 (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda DG-2018 (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha DG-2018 (m)</i>
<i>Nº</i>	<i>Progresiva</i>							
85	21+460.00	7.66	6.67	0.46	0.53	No Cumple	No Cumple	No Cumple
86	21+480.00	7.66	6.65	0.49	0.52	No Cumple	No Cumple	No Cumple
87	21+500.00	7.66	6.62	0.53	0.51	No Cumple	No Cumple	No Cumple
88	21+520.00	7.48	6.69	0.43	0.36	No Cumple	No Cumple	No Cumple
89	21+540.00	8.12	6.96	0.63	0.53	No Cumple	No Cumple	No Cumple
90	21+560.00	8.23	6.95	0.80	0.49	No Cumple	No Cumple	No Cumple
91	21+580.00	9.04	7.19	0.70	1.15	No Cumple	No Cumple	No Cumple
92	21+600.00	8.77	7.03	0.66	1.09	No Cumple	No Cumple	No Cumple
93	21+620.00	9.00	7.22	0.84	0.94	Cumple	No Cumple	No Cumple
94	21+640.00	8.87	7.18	0.72	0.97	No Cumple	No Cumple	No Cumple
95	21+660.00	8.71	7.17	0.80	0.74	No Cumple	No Cumple	No Cumple
96	21+680.00	8.58	7.01	0.64	0.93	No Cumple	No Cumple	No Cumple
97	21+700.00	8.13	6.74	0.71	0.68	No Cumple	No Cumple	No Cumple
98	21+720.00	7.46	6.45	0.48	0.53	No Cumple	No Cumple	No Cumple
99	21+740.00	7.54	6.48	0.56	0.49	No Cumple	No Cumple	No Cumple
100	21+760.00	7.61	6.49	0.62	0.50	No Cumple	No Cumple	No Cumple
101	21+780.00	7.67	6.48	0.65	0.53	No Cumple	No Cumple	No Cumple
102	21+800.00	7.83	6.80	0.74	0.29	No Cumple	No Cumple	No Cumple
103	21+820.00	7.99	7.14	0.82	0.03	No Cumple	No Cumple	No Cumple
104	21+840.00	8.38	7.24	0.91	0.23	Cumple	No Cumple	No Cumple
105	21+860.00	8.22	7.27	0.89	0.06	Cumple	No Cumple	No Cumple
106	21+880.00	8.16	7.19	0.87	0.11	No Cumple	No Cumple	No Cumple
107	21+900.00	8.16	7.04	0.84	0.28	No Cumple	No Cumple	No Cumple
108	21+920.00	8.17	6.90	0.82	0.44	No Cumple	No Cumple	No Cumple
109	21+940.00	8.17	6.76	0.80	0.61	No Cumple	No Cumple	No Cumple
110	21+960.00	8.21	6.73	0.76	0.71	No Cumple	No Cumple	No Cumple
111	21+980.00	8.27	6.77	0.72	0.77	No Cumple	No Cumple	No Cumple
112	22+000.00	8.32	6.81	0.68	0.83	No Cumple	No Cumple	No Cumple
113	22+020.00	8.38	6.82	0.69	0.86	No Cumple	No Cumple	No Cumple
114	22+040.00	8.43	6.82	0.74	0.86	No Cumple	No Cumple	No Cumple
115	22+060.00	8.48	6.82	0.79	0.87	No Cumple	No Cumple	No Cumple
116	22+080.00	8.53	6.82	0.83	0.87	No Cumple	No Cumple	No Cumple
117	22+100.00	8.58	6.82	0.88	0.88	No Cumple	No Cumple	No Cumple
118	22+120.00	8.63	6.82	0.93	0.89	No Cumple	No Cumple	No Cumple
119	22+140.00	8.59	6.88	0.90	0.82	No Cumple	No Cumple	No Cumple
120	22+160.00	8.48	6.91	0.78	0.78	No Cumple	No Cumple	No Cumple
121	22+180.00	8.62	7.22	0.74	0.67	Cumple	No Cumple	No Cumple
122	22+200.00	8.88	7.36	0.88	0.65	Cumple	No Cumple	No Cumple
123	22+220.00	9.12	7.16	1.11	0.85	No Cumple	No Cumple	No Cumple
124	22+240.00	9.09	7.11	1.06	0.93	No Cumple	No Cumple	No Cumple
125	22+260.00	8.86	7.05	0.91	0.90	No Cumple	No Cumple	No Cumple
126	22+280.00	8.60	6.99	0.77	0.85	No Cumple	No Cumple	No Cumple
127	22+300.00	8.29	6.93	0.64	0.72	No Cumple	No Cumple	No Cumple

<i>Sección</i>		<i>Ancho de Corona Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada DG-2018 (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda DG-2018 (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha DG-2018 (m)</i>
<i>Nº</i>	<i>Progresiva</i>							
128	22+320.00	8.28	6.86	0.71	0.71	No Cumple	No Cumple	No Cumple
129	22+340.00	8.30	6.82	0.76	0.72	No Cumple	No Cumple	No Cumple
130	22+360.00	8.39	6.87	0.75	0.77	No Cumple	No Cumple	No Cumple
131	22+380.00	8.47	6.96	0.74	0.77	No Cumple	No Cumple	No Cumple
132	22+400.00	8.56	7.05	0.74	0.77	No Cumple	No Cumple	No Cumple
133	22+420.00	8.64	7.14	0.74	0.77	No Cumple	No Cumple	No Cumple
134	22+440.00	8.73	7.23	0.73	0.77	Cumple	No Cumple	No Cumple
135	22+460.00	8.95	7.49	0.65	0.81	Cumple	No Cumple	No Cumple
136	22+480.00	9.49	8.02	0.67	0.79	Cumple	No Cumple	No Cumple
137	22+500.00	9.12	8.01	0.51	0.60	Cumple	No Cumple	No Cumple
138	22+520.00	8.87	7.73	0.49	0.65	Cumple	No Cumple	No Cumple
139	22+540.00	9.06	8.08	0.53	0.45	Cumple	No Cumple	No Cumple
140	22+560.00	8.57	7.57	0.65	0.34	Cumple	No Cumple	No Cumple
141	22+580.00	8.36	7.37	0.62	0.37	Cumple	No Cumple	No Cumple
142	22+600.00	8.26	7.26	0.65	0.35	Cumple	No Cumple	No Cumple
143	22+620.00	8.16	7.14	0.69	0.33	No Cumple	No Cumple	No Cumple
144	22+640.00	8.17	7.10	0.71	0.35	No Cumple	No Cumple	No Cumple
145	22+660.00	8.32	7.17	0.72	0.43	No Cumple	No Cumple	No Cumple
146	22+680.00	8.47	7.24	0.73	0.51	Cumple	No Cumple	No Cumple
147	22+700.00	8.63	7.30	0.74	0.58	Cumple	No Cumple	No Cumple
148	22+720.00	8.78	7.37	0.75	0.66	Cumple	No Cumple	No Cumple
149	22+740.00	8.93	7.44	0.76	0.73	Cumple	No Cumple	No Cumple
150	22+760.00	8.75	7.52	0.61	0.61	Cumple	No Cumple	No Cumple
151	22+780.00	8.77	7.74	0.62	0.41	Cumple	No Cumple	No Cumple
152	22+800.00	8.71	7.56	0.72	0.42	Cumple	No Cumple	No Cumple
153	22+820.00	8.22	7.16	0.81	0.26	No Cumple	No Cumple	No Cumple
154	22+840.00	7.76	6.93	0.64	0.20	No Cumple	No Cumple	No Cumple
155	22+860.00	8.07	7.37	0.47	0.23	Cumple	No Cumple	No Cumple
156	22+880.00	8.59	7.75	0.48	0.36	Cumple	No Cumple	No Cumple
157	22+900.00	8.54	7.68	0.50	0.35	Cumple	No Cumple	No Cumple
158	22+920.00	9.06	8.03	0.61	0.43	Cumple	No Cumple	No Cumple
159	22+940.00	8.73	8.00	0.45	0.27	Cumple	No Cumple	No Cumple
160	22+960.00	8.83	8.03	0.54	0.26	Cumple	No Cumple	No Cumple
161	22+980.00	9.17	7.85	0.51	0.81	Cumple	No Cumple	No Cumple
162	23+000.00	9.08	7.79	0.50	0.78	Cumple	No Cumple	No Cumple
163	23+020.00	8.25	6.80	0.65	0.81	No Cumple	No Cumple	No Cumple
164	23+040.00	8.08	6.48	0.61	1.00	No Cumple	No Cumple	No Cumple
165	23+060.00	8.15	6.50	0.68	0.96	No Cumple	No Cumple	No Cumple
166	23+080.00	8.21	6.53	0.76	0.92	No Cumple	No Cumple	No Cumple
167	23+100.00	8.25	6.53	0.86	0.86	No Cumple	No Cumple	No Cumple
168	23+120.00	8.29	6.53	0.97	0.79	No Cumple	No Cumple	No Cumple
169	23+140.00	8.31	6.53	0.99	0.79	No Cumple	No Cumple	No Cumple
170	23+160.00	8.32	6.52	0.90	0.89	No Cumple	No Cumple	No Cumple

<u>Sección</u>		<i>Ancho de Corona Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada DG-2018 (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda DG-2018 (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha DG-2018 (m)</i>
<u>Nº</u>	<i>Progresiva</i>							
171	23+180.00	8.32	6.52	0.81	0.99	No Cumple	No Cumple	No Cumple
172	23+200.00	8.33	6.52	0.71	1.09	No Cumple	No Cumple	No Cumple
173	23+220.00	8.33	6.52	0.62	1.19	No Cumple	No Cumple	No Cumple
174	23+240.00	8.31	6.51	0.53	1.27	No Cumple	No Cumple	No Cumple
175	23+260.00	8.35	6.56	0.38	1.41	No Cumple	No Cumple	No Cumple
176	23+280.00	8.52	6.60	0.48	1.45	No Cumple	No Cumple	No Cumple
177	23+300.00	8.50	6.49	0.60	1.41	No Cumple	No Cumple	No Cumple
178	23+320.00	8.58	6.53	0.65	1.40	No Cumple	No Cumple	No Cumple
179	23+340.00	8.56	6.64	0.59	1.32	No Cumple	No Cumple	No Cumple
180	23+360.00	8.50	6.54	0.65	1.30	No Cumple	No Cumple	No Cumple
181	23+380.00	8.43	6.48	0.70	1.25	No Cumple	No Cumple	No Cumple
182	23+400.00	8.36	6.49	0.73	1.13	No Cumple	No Cumple	No Cumple
183	23+420.00	8.28	6.51	0.76	1.02	No Cumple	No Cumple	No Cumple
184	23+440.00	8.21	6.53	0.78	0.90	No Cumple	No Cumple	No Cumple
185	23+460.00	8.24	6.55	0.88	0.81	No Cumple	No Cumple	No Cumple
186	23+480.00	8.79	6.56	1.31	0.92	No Cumple	No Cumple	No Cumple
187	23+500.00	9.28	7.44	1.08	0.76	Cumple	No Cumple	No Cumple
188	23+520.00	9.93	8.16	1.10	0.67	Cumple	No Cumple	No Cumple
189	23+540.00	10.67	8.06	1.91	0.70	Cumple	No Cumple	No Cumple
190	23+560.00	9.21	7.52	0.76	0.92	Cumple	No Cumple	No Cumple
191	23+580.00	8.78	6.50	0.68	1.59	No Cumple	No Cumple	No Cumple
192	23+600.00	8.71	6.54	0.68	1.50	No Cumple	No Cumple	No Cumple
193	23+620.00	8.78	6.50	0.68	1.59	No Cumple	No Cumple	No Cumple
194	23+640.00	8.69	6.50	0.69	1.50	No Cumple	No Cumple	No Cumple
195	23+660.00	8.56	6.51	0.70	1.35	No Cumple	No Cumple	No Cumple
196	23+680.00	8.43	6.53	0.71	1.20	No Cumple	No Cumple	No Cumple
197	23+700.00	8.30	6.54	0.71	1.04	No Cumple	No Cumple	No Cumple
198	23+720.00	8.37	6.62	0.83	0.91	No Cumple	No Cumple	No Cumple
199	23+740.00	10.10	7.89	0.65	1.56	Cumple	No Cumple	No Cumple
200	23+760.00	11.38	8.15	0.44	2.80	Cumple	No Cumple	No Cumple
201	23+780.00	9.39	7.40	0.85	1.14	Cumple	No Cumple	No Cumple
202	23+800.00	8.58	6.60	0.83	1.15	No Cumple	No Cumple	No Cumple
203	23+820.00	8.22	6.55	0.82	0.84	No Cumple	No Cumple	No Cumple
204	23+840.00	7.94	6.52	0.83	0.60	No Cumple	No Cumple	No Cumple
205	23+860.00	8.12	6.50	0.94	0.68	No Cumple	No Cumple	No Cumple
206	23+880.00	8.30	6.48	1.05	0.77	No Cumple	No Cumple	No Cumple
207	23+900.00	8.66	6.51	1.17	0.98	No Cumple	No Cumple	No Cumple
208	23+920.00	9.27	6.59	1.31	1.37	No Cumple	No Cumple	No Cumple
209	23+940.00	9.85	6.52	1.70	1.63	No Cumple	No Cumple	No Cumple
210	23+960.00	9.07	6.52	1.08	1.47	No Cumple	No Cumple	No Cumple
211	23+980.00	8.76	6.54	0.93	1.30	No Cumple	No Cumple	No Cumple
212	24+000.00	9.52	7.00	1.43	1.10	No Cumple	No Cumple	No Cumple
213	24+020.00	10.42	7.77	1.64	1.01	Cumple	No Cumple	No Cumple
214	24+040.00	10.65	8.24	1.28	1.13	Cumple	No Cumple	No Cumple
215	24+060.00	9.21	8.03	0.67	0.52	Cumple	No Cumple	No Cumple

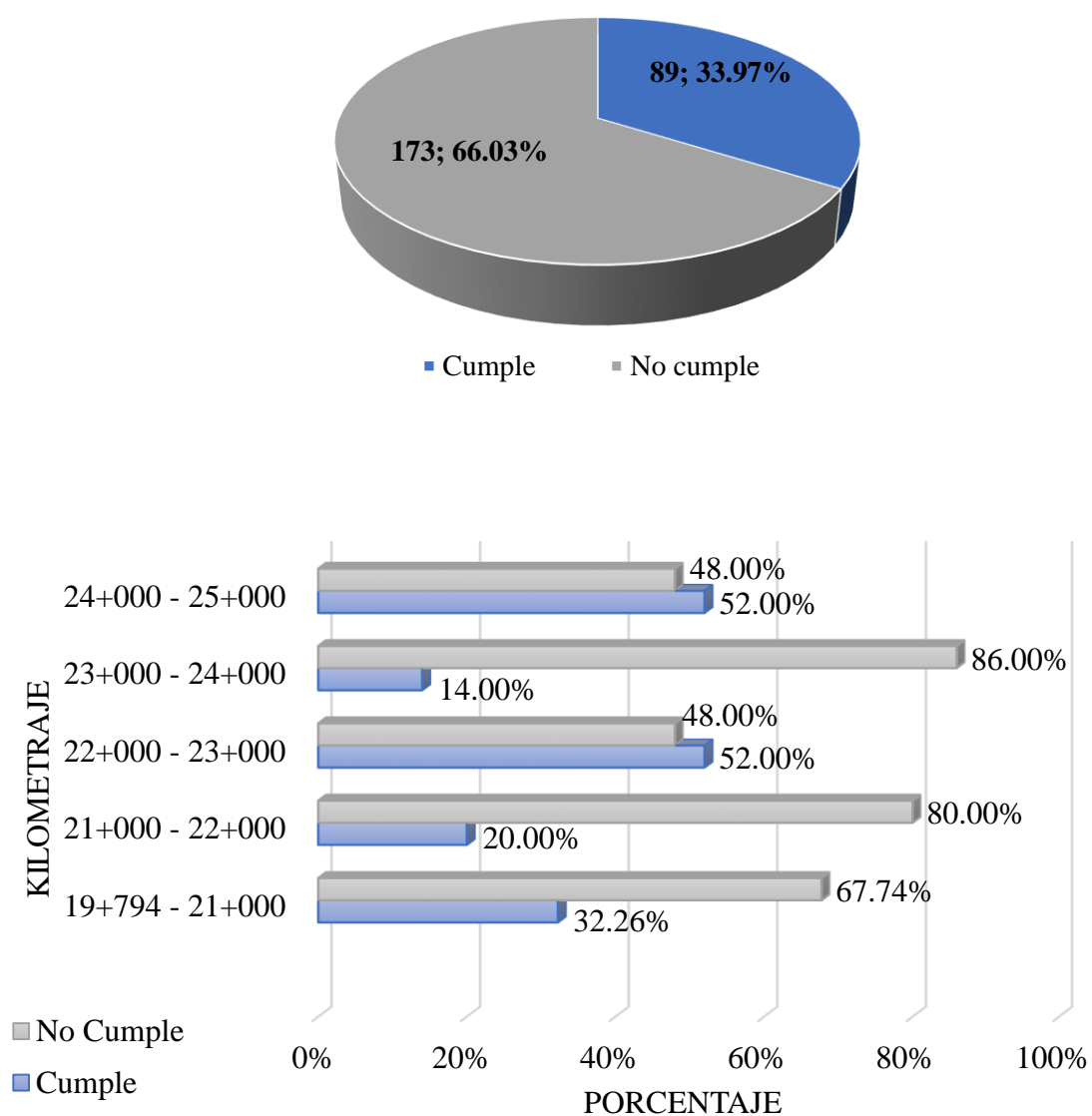
<i>Sección</i>		<i>Ancho de Corona Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda Existente (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha Existente (m)</i>	<i>Ancho de Calzada DG-2018 (m)</i>	<i>Ancho de Berma Izquierda DG-2018 (m)</i>	<i>Ancho de Berma Derecha DG-2018 (m)</i>
<i>Nº</i>	<i>Progresiva</i>							
216	24+080.00	9.24	8.11	0.55	0.58	Cumple	No Cumple	No Cumple
217	24+100.00	9.57	8.22	0.65	0.69	Cumple	No Cumple	No Cumple
218	24+120.00	10.17	8.40	0.76	1.01	Cumple	No Cumple	No Cumple
219	24+140.00	10.60	8.37	1.01	1.22	Cumple	No Cumple	No Cumple
220	24+160.00	9.79	7.31	1.02	1.45	Cumple	No Cumple	No Cumple
221	24+180.00	9.14	6.68	0.99	1.47	No Cumple	No Cumple	No Cumple
222	24+200.00	8.99	6.58	1.07	1.34	No Cumple	No Cumple	No Cumple
223	24+220.00	8.96	6.50	1.21	1.24	No Cumple	No Cumple	No Cumple
224	24+240.00	8.76	6.49	1.29	0.97	No Cumple	No Cumple	No Cumple
225	24+260.00	8.62	6.49	1.35	0.78	No Cumple	No Cumple	No Cumple
226	24+280.00	8.67	6.49	1.36	0.81	No Cumple	No Cumple	No Cumple
227	24+300.00	8.62	6.50	1.32	0.80	No Cumple	No Cumple	No Cumple
228	24+320.00	8.29	6.50	1.16	0.62	No Cumple	No Cumple	No Cumple
229	24+340.00	8.05	6.53	1.01	0.52	No Cumple	No Cumple	No Cumple
230	24+360.00	7.99	6.58	0.88	0.53	No Cumple	No Cumple	No Cumple
231	24+380.00	7.99	6.55	0.74	0.70	No Cumple	No Cumple	No Cumple
232	24+400.00	8.00	6.49	0.61	0.90	No Cumple	No Cumple	No Cumple
233	24+420.00	7.88	6.50	0.56	0.82	No Cumple	No Cumple	No Cumple
234	24+440.00	7.74	6.50	0.53	0.71	No Cumple	No Cumple	No Cumple
235	24+460.00	7.60	6.51	0.49	0.59	No Cumple	No Cumple	No Cumple
236	24+480.00	7.60	6.52	0.49	0.60	No Cumple	No Cumple	No Cumple
237	24+500.00	7.83	6.53	0.52	0.77	No Cumple	No Cumple	No Cumple
238	24+520.00	8.24	6.59	0.72	0.94	No Cumple	No Cumple	No Cumple
239	24+540.00	10.16	8.82	0.71	0.63	Cumple	No Cumple	No Cumple
240	24+560.00	13.31	11.96	0.77	0.58	Cumple	No Cumple	No Cumple
241	24+580.00	13.31	12.01	0.77	0.52	Cumple	No Cumple	No Cumple
242	24+600.00	13.25	11.93	0.77	0.55	Cumple	No Cumple	No Cumple
243	24+620.00	13.15	11.84	0.81	0.50	Cumple	No Cumple	No Cumple
244	24+640.00	12.98	11.74	0.89	0.34	Cumple	No Cumple	No Cumple
245	24+660.00	12.89	11.49	0.94	0.46	Cumple	No Cumple	No Cumple
246	24+680.00	12.13	10.61	0.82	0.70	Cumple	No Cumple	No Cumple
247	24+700.00	8.39	7.14	0.72	0.53	No Cumple	No Cumple	No Cumple
248	24+720.00	7.78	6.54	0.74	0.49	No Cumple	No Cumple	No Cumple
249	24+740.00	8.12	6.55	0.85	0.72	No Cumple	No Cumple	No Cumple
250	24+760.00	8.45	6.61	0.95	0.89	No Cumple	No Cumple	No Cumple
251	24+780.00	8.68	6.84	0.98	0.86	No Cumple	No Cumple	No Cumple
252	24+800.00	8.91	7.07	1.02	0.83	No Cumple	No Cumple	No Cumple
253	24+820.00	8.30	7.62	0.00	0.68	Cumple	No Cumple	No Cumple
254	24+840.00	8.74	8.00	0.00	0.74	Cumple	No Cumple	No Cumple
255	24+860.00	8.97	8.24	0.00	0.73	Cumple	No Cumple	No Cumple
256	24+880.00	9.58	8.98	0.00	0.60	Cumple	No Cumple	No Cumple
257	24+900.00	10.62	8.24	1.78	0.60	Cumple	No Cumple	No Cumple
258	24+920.00	10.68	8.97	1.10	0.61	Cumple	No Cumple	No Cumple
259	24+940.00	12.35	9.88	1.95	0.52	Cumple	No Cumple	No Cumple
260	24+960.00	12.30	10.04	1.57	0.69	Cumple	No Cumple	No Cumple
261	24+980.00	10.56	8.80	1.03	0.73	Cumple	No Cumple	No Cumple
262	25+000.00	9.79	7.90	1.20	0.68	Cumple	No Cumple	No Cumple

Fuente: Elaboración propia

El ancho de berma exigido por la norma es de 3.00 metros según la tabla N° 10, pero verificando las distancias existentes de las bermas se aprecia que no existe alguna la cual cuente con la distancia mínima, dando así un 100% en el incumplimiento con el ancho de las bermas

El ancho de calzada es de 7.20m según la tabla N°9, comparando con las medidas encontradas en el levantamiento topográfico se obtiene:

GRÁFICO N° 14 Distribuciones porcentual de verificación de anchos de calzada.



Fuente: Elaboración propia

En la verificación de los anchos de calzada se obtiene que, del total de secciones transversales analizadas, el 66.03 % no logra cumplir con el ancho mínimo dado por la normativa vigente: las distribuciones de los tramos por kilometraje expresan que de todas las secciones analizadas en el primer kilómetro se obtiene el 67.74% de incumplimiento, lo mismo sucede con los siguientes kilómetros, los cuales presentan un 80.00%, 48.00%, 86.00% y 48.00%, resaltando que son el segundo y cuarto kilometro los cuales presentan un mayor porcentaje de incumplimiento, haciendo que la inseguridad en dichos tramos de carretera aumente.

4.1.7.2 Verificación de los peraltes máximos en curvas horizontales:

Los peraltes obtenidos en campo fueron comparados con el peralte máximo obtenido según la tabla N° 12 Valores de peralte máximo, en el cual para zonas rurales con orografía transversal de tipo 1, 2 y 3; el peralte máximo absoluto es del 8.00%; cabe resaltar que debido a que existen curvas horizontales que no logran cumplir con el radio mínimo, éstas deben de tener mayores peraltes que los exigidos, pero en campo se ha encontrado inferiores, por tal motivo, la verificación para la seguridad se deberá tomar en mayor consideración el cumplimiento de los radios mínimos.

TABLA N° 32 Verificación de peraltes máximos

CURVA	Progresiva		P(%) Existente	P máx (%) Existente	Verificación
	Inicial	Final			
C1	19+927.56	19+982.91	5.85%	8.00%	Cumple
C2	20+161.45	20+272.99	6.31%	8.00%	Cumple
C3	20+389.15	20+464.66	5.28%	8.00%	Cumple
C4	20+494.45	20+539.69	4.85%	8.00%	Cumple
C5	20+684.93	20+755.15	6.28%	8.00%	Cumple
C6	20+787.77	20+844.01	5.40%	8.00%	Cumple
C7	21+075.54	21+163.83	5.19%	8.00%	Cumple
C8	21+224.54	21+284.96	6.06%	8.00%	Cumple
C9	21+528.85	21+712.74	5.13%	8.00%	Cumple
C10	22+174.94	22+218.97	5.29%	8.00%	Cumple
C11	22+487.73	22+553.12	4.78%	8.00%	Cumple
C12	22+822.00	23+033.41	3.66%	8.00%	Cumple
C13	23+484.82	23+571.53	4.98%	8.00%	Cumple
C14	23+723.75	23+791.93	4.82%	8.00%	Cumple
C15	23+882.25	23+977.63	0.35%	8.00%	Cumple
C16	24+015.72	24+156.07	5.96%	8.00%	Cumple
C17	24+825.30	24+980.68	5.44%	8.00%	Cumple

Fuente: Elaboración propia

El 100% de los peraltes existentes son inferiores al peralte máximo exigido por la normativa vigente.

4.1.8 Resultados de la verificación con DG-2018 por kilometraje.

Del análisis de los 11 parámetros analizados para el presente estudio, se logró obtener los siguientes resultados:

TABLA N° 33 Porcentaje de cumplimiento y no cumplimiento por kilometraje

Parámetro	Verificación	KILOMETRAJE						
		19+794 - 21+000	21+000 - 22+000	22+000 - 23+000	23+000 - 24+000	24+000 - 25+000		
Parámetros en Planta	L. Tangente	Cumple	42.86%	66.67%	100.00%	75.00%	100.00%	
		No Cumple	57.14%	33.33%	0.00%	25.00%	0.00%	
	Dp	Cumple	40.00%	50.00%	50.00%	50.00%	66.67%	
		No Cumple	60.00%	50.00%	50.00%	50.00%	33.33%	
	Da	Cumple	0.00%	33.33%	0.00%	25.00%	100.00%	
		No Cumple	100.00%	66.67%	100.00%	75.00%	0.00%	
	Rmin	Cumple	0.00%	0.00%	66.67%	33.33%	0.00%	
		No Cumple	100.00%	100.00%	33.33%	66.67%	100.00%	
	amin	Cumple	16.67%	33.33%	33.33%	100.00%	100.00%	
		No Cumple	83.33%	66.67%	66.67%	0.00%	0.00%	
	Sa	Cumple	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		No Cumple	100%	100%	100%	100%	100%	
	Parámetros en Perfil	i máx	Cumple	83.33%	100.00%	100.00%	100.00%	66.67%
			No Cumple	16.67%	0.00%	0.00%	0.00%	33.33%
L i máx		Cumple	100%	100%	100%	100%	100%	
		No Cumple	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Parámetros en Sección Transversal	Ancho de calzada	Cumple	32.26%	20.00%	52.00%	14.00%	52.00%	
		No Cumple	67.74%	80.00%	48.00%	86.00%	48.00%	
	Ancho de Berma	Cumple	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
		No Cumple	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	
Peraltes	Cumple	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
	No Cumple	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%		

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que a lo largo de todos los kilómetros del estudio existen parámetros los cuales no cumplen los requisitos mínimos exigidos por la normativa vigente, es por tal motivo que se concluye que a la carretera C.P. Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A es insegura ante un análisis con la DG-2018, y tomando como principal punto de estudio las curvas horizontales se tiene que los parámetros de Radios mínimos, Distancias de Visibilidad en curvas horizontales y peraltes son los que representan mayor porcentaje de incumplimiento representando el 74.44%.

4.2 Velocidades Específicas en curvas circulares.

Para la determinación de la velocidad específica de cada curva se aplicó la ecuación 14, la cual está en función del radio existente, peralte existente y la máxima fricción, para el caso de análisis con la velocidad de diseño, se aplicará el coeficiente de fricción dada en la tabla N°5, en la cual se aprecia que el coeficiente de fricción lateral para una velocidad de diseño de 60 km/h es de 0.157.

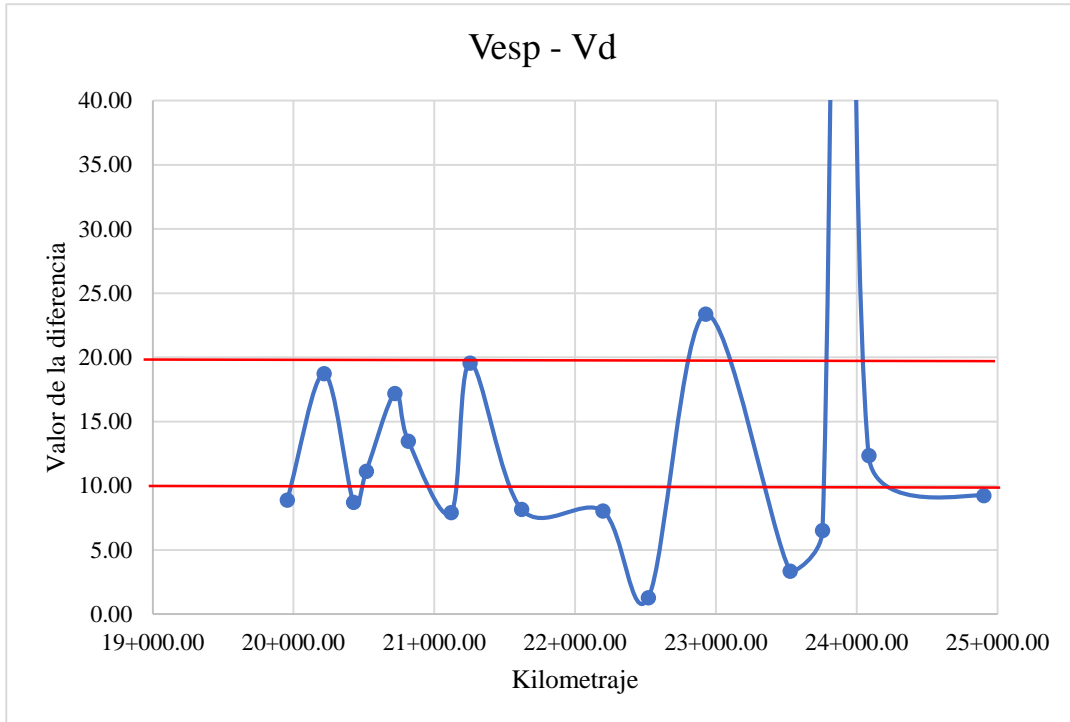
El análisis para las velocidades específicas se realizó en dos niveles, el primer nivel consta principalmente de los parámetros existentes en la carretera y su análisis de la homogeneidad que ésta presenta, para ello se aplicó lo estipulado en la normativa vigente la cual especifica que para asegurar la homogeneidad y lo que se traduce en una mayor seguridad para los usuarios, se requiere que las velocidades específicas de los elementos que integren el tramo sean iguales a la velocidad de diseño del tramo o no la superen en más de 20 km/h, queda bien enmarcado que el criterio utilizado por la normativa es el Criterio I de Lamm, pero para éste caso no utilizaremos la comparación con la velocidad del percentil 85, sino la velocidad de diseño del tramo homogéneo, Los resultados se muestran a continuación.

TABLA N° 34 Velocidad específica en curvas vs velocidad de diseño

CURVA	Progresiva		Parámetros Existentes			V _{esp} (km/h)	V _{esp} - V _d	Según Norma
	Inicial	Final	R (m)	P(%)	f máx			
C1	19+927.56	19+982.91	95.5	5.85%	0.157	51.12	8.88	Bueno
C2	20+161.45	20+272.99	60.92	6.31%	0.157	41.27	18.73	Regular
C3	20+389.15	20+464.66	98.781	5.28%	0.157	51.30	8.70	Bueno
C4	20+494.45	20+539.69	91.52	4.85%	0.157	48.87	11.13	Regular
C5	20+684.93	20+755.15	65.639	6.28%	0.157	42.81	17.19	Regular
C6	20+787.77	20+844.01	80.759	5.40%	0.157	46.52	13.48	Regular
C7	21+075.54	21+163.83	102.295	5.19%	0.157	52.10	7.90	Bueno
C8	21+224.54	21+284.96	59.189	6.06%	0.157	40.44	19.56	Regular
C9	21+528.85	21+712.74	101.599	5.13%	0.157	51.84	8.16	Bueno
C10	22+174.94	22+218.97	101.292	5.29%	0.157	51.96	8.04	Bueno
C11	22+487.73	22+553.12	132.586	4.78%	0.157	58.72	1.28	Bueno
C12	22+822.00	23+033.41	282.601	3.66%	0.157	83.36	23.36	Malo
C13	23+484.82	23+571.53	122.202	4.98%	0.157	56.65	3.35	Bueno
C14	23+723.75	23+791.93	109.75	4.82%	0.157	53.48	6.52	Bueno
C15	23+882.25	23+977.63	1625.768	0.35%	0.157	182.04	122.04	Malo
C16	24+015.72	24+156.07	82.504	5.96%	0.157	47.64	12.36	Regular
C17	24+825.30	24+980.68	95.969	5.44%	0.157	50.76	9.24	Bueno

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 15 Comparación entre V específica y la velocidad de diseño



Fuente: Elaboración Propia

Del gráfico se aprecia que de elemento a elemento no existe una homogeneidad adecuada ya que pasa desde un umbral de estado “bueno” (cuando es menor a 10 km/h la variación), a uno “regular”, los cuales están comprendidos entre 10 km/h y 20 km/h, y los resultados salen aún más desfavorables en términos de homogeneidad cuando pasamos a los siguientes kilómetros, pues de un estado bueno, pasa a uno malo y retorna, se puede concluir que no existe una adecuada homogeneidad y lo cual se traduce en una menor seguridad para los usuarios.

Del análisis se encontró que el 11.76% de las curvas horizontales presentan una condición de “Malo” (2), el 35.29% en condición de “Regular” (6) y un 52.94% condición de “Bueno” (9),

El segundo nivel en el cual fue analizado las velocidades específicas de las curvas horizontales, es la comparación entre los radios existentes y los radios que demanda la carretera según las velocidades del percentil 85, lo que se traduce en que si la velocidad del percentil 85 es mayor a la velocidad específica que puede soportar la curva, conllevaría a una inseguridad para los usuarios, esto debido a que se estaría sobrepasando la capacidad que tienen las curvas para soportar las velocidades de operación. Los resultados son mostrados a continuación.

TABLA N° 35 Velocidad específica en curvas vs Velocidades de operación

CURVA	Progresiva		Parámetros Existentes		V _{esp} (km/h)	Velocidad de Operación			Verificación	V ₈₅ - V _{esp}	Criterio
	Inicial	Final	R (m)	P(%)		V85	R cal (m)	f máx			
C1	19+927.56	19+982.91	95.5	5.85%	51.12	55	108.51	0.161	No Cumple	3.88	No Cumple
C2	20+161.45	20+272.99	60.92	6.31%	41.27	55	106.29	0.161	No Cumple	13.73	No Cumple
C3	20+389.15	20+464.66	98.781	5.28%	51.30	68	174.37	0.156	No Cumple	16.70	No Cumple
C4	20+494.45	20+539.69	91.52	4.85%	48.87	65	163.88	0.155	No Cumple	16.13	No Cumple
C5	20+684.93	20+755.15	65.639	6.28%	42.81	69	170.94	0.157	No Cumple	26.19	No Cumple
C6	20+787.77	20+844.01	80.759	5.40%	46.52	63	150.61	0.154	No Cumple	16.48	No Cumple
C7	21+075.54	21+163.83	102.295	5.19%	52.10	62	147.72	0.153	No Cumple	9.90	No Cumple
C8	21+224.54	21+284.96	59.189	6.06%	40.44	59	121.93	0.164	No Cumple	18.56	No Cumple
C9	21+528.85	21+712.74	101.599	5.13%	51.84	65.7	164.87	0.155	No Cumple	13.86	No Cumple
C10	22+174.94	22+218.97	101.292	5.29%	51.96	46	72.47	0.177	Cumple	-5.96	Cumple
C11	22+487.73	22+553.12	132.586	4.78%	58.72	72	211.06	0.146	No Cumple	13.28	No Cumple
C12	22+822.00	23+033.41	282.601	3.66%	83.36	80.4	281.83	0.144	Cumple	-2.96	Cumple
C13	23+484.82	23+571.53	122.202	4.98%	56.65	74.7	222.40	0.148	No Cumple	18.05	No Cumple
C14	23+723.75	23+791.93	109.75	4.82%	53.48	67.6	176.14	0.156	No Cumple	14.07	No Cumple
C15	23+882.25	23+977.63	1625.768	0.35%	182.04	77.4	307.47	0.150	Cumple	-104.64	Cumple
C16	24+015.72	24+156.07	82.504	5.96%	47.64	60.9	137.51	0.152	No Cumple	13.21	No Cumple
C17	24+825.30	24+980.68	95.969	5.44%	50.76	63.2	151.21	0.154	No Cumple	12.44	No Cumple

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla anterior se aprecia que de todas las curvas existentes en la carretera en estudio (17), únicamente tres (3) cumplen con lo demandado por las velocidades de operación existentes, es decir, el 82.35% de las curvas no logran soportar las velocidades reales, lo que se traduce en la generación de un “golpe de velocidad” en los conductores al entrar a las curvas, esto debido a la fuerza centrífuga generada por los parámetros de existentes de la carretera, lo cual conllevaría a un aumento de las probabilidades de accidentabilidad y por ende una mayor inseguridad en la carretera.

4.3 Percentil 85 de velocidades y Análisis de Consistencia de la carretera.

Para el análisis de los percentiles 85, se procedió a separar los valores de las velocidades que se logran obtener cuando los vehículos livianos van en sentido ascendente y cuando los mismos van de descendente, habiendo cierto grado de diferencia, es por ello que se ha tomado en consideración el sentido para expresar los resultados.

Por cuestiones prácticas a continuación se detallará los cálculos para la determinación del percentil 85 y de la aplicación de los Criterios de Lamm elemento Tangente 1 en sentido de descendente.

TABLA N° 36 Velocidades tomadas en campo para la tangente 1

MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	20	14	35
2	28	15	36
3	29	16	36
4	30	17	36
5	31	18	37
6	32	19	37
7	33	20	38
8	33	21	40
9	33	22	41
10	33	23	41
11	33	24	43
12	34	25	44
13	35	26	46

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación del percentil 85, la primera condición es que los datos tomados deben de estar ordenados de menor a mayor, tal como se muestra en la tabla anterior, una vez realizado esto, se calcula el 85% de la muestra total.

$$indice_1 = \frac{85}{100} * 26 = 22.10$$

El índice con resultado de 22.10, nos especifica que el valor del percentil 85 para el primer elemento está ubicado entre las muestras 22 y 23, realizando el procedimiento de interpolación entre estos valores, se obtiene que el percentil 85 para la tangente 1 es de 41 km/h.

Aplicando las ecuaciones de los criterios de Lamm descritos en el marco teórico en el ítem 2.2.9.3 Seguridad Vial en función de indicadores de Consistencia, se tiene:

Criterio I: Consistencia de elementos Simples

$$V_{85} (T1) = 41.00 \text{ km/h}$$

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

$V_{85} (T1) - V_{\text{diseño}} = 19 \text{ km/h}$, Comprendido en la ecuación 43, se tiene que según el primer criterio de Lamm, este tramo presenta una consistencia de “Regular”

Criterio II: Consistencia de elementos Sucesivos.

Calculando la velocidad del percentil 85 al elemento previo a la primera tangente en análisis, se determinó que presenta una V_{85} de 48 km/h, cabe mencionar que dicho elemento no se encuentra en el análisis por estar fuera del tramo de carretera en estudio.

$$V_{85} (T0) = 48.00 \text{ km/h}$$

$$V_{85} (T1) = 41.00 \text{ km/h}$$

$\Delta V_{85} = V_{85} (T0) - V_{85} (T1) = 7 \text{ km/h}$, Comprendido en la ecuación 45, se tiene que según el segundo criterio de Lamm, este tramo presenta una consistencia de “Bueno”

Criterio III: Estabilidad Dinámica.

El análisis del tercer criterio de Lamm se únicamente en las curvas, por tal motivo, se realizará la aplicación de las ecuaciones del ítem 2.2.9.3.3 Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica, para la primera curva en cuestión.

La comparación que realiza Lamm es a base de las fricciones laterales, comparando la fricción lateral existente con la demandada, esto se obtiene con las ecuaciones 51 y 52; teniendo como premisa que la velocidad de diseño del tramo homogéneo es de 60km/h, el radio del elemento existente es de 95.50m, peralte existente de 5.85% y con una V85 (C1) de 55 km/h, se obtiene lo siguiente:

$$fra = \frac{60^2}{127 * 95.50} - 0.0585 = 0.24$$

$$frd = \frac{55^2}{127 * 95.50} - 0.0585 = 0.19$$

$fra - frd = 0.06 > + 0.02$, lo cual indica que según el criterio III de Lamm, la curva presenta una condición de Bueno.

Aplicando lo mismo para el resto de elementos, se tiene:

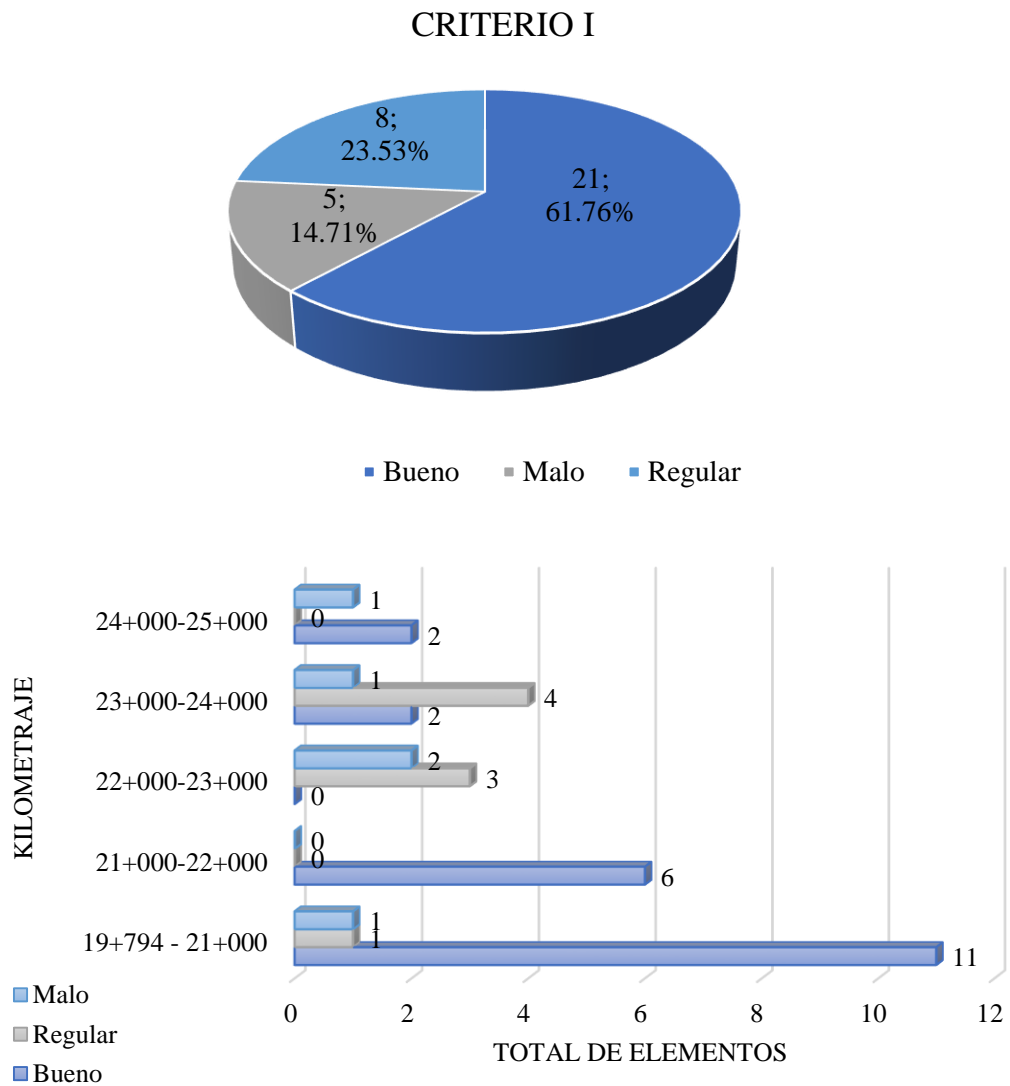
TABLA N° 37 Criterios de Lamm para las velocidades de operación en Descendente

PARÁMETROS EXISTENTES EN LA CARRETERA					Vd Km/h	Elementos Simples	ÄV85	Elementos Sucesivos	fricción lateral provista	fricción lateral demandada	Estabilidad Dinámica	
Elemento	V85	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Radio (m)								Peralte (%)
T1	41.0	19+793.98	19+927.56			60	Regular	7.00	Bueno			
C1	55.0	19+927.56	19+982.91	95.50	5.85%	60	Bueno	14.00	Regular	0.24	0.19	Bueno
T2	60.0	19+982.91	20+161.45			60	Bueno	5.00	Bueno			
C2	55.0	20+161.45	20+272.99	60.92	6.31%	60	Bueno	5.00	Bueno	0.40	0.33	Bueno
T3	68.0	20+272.99	20+389.15			60	Bueno	13.00	Regular			
C3	68.0	20+389.15	20+464.66	98.78	5.28%	60	Bueno	0.00	Bueno	0.23	0.32	Malo
T4	62.0	20+464.66	20+494.45			60	Bueno	6.00	Bueno			
C4	65.0	20+494.45	20+539.69	91.52	4.85%	60	Bueno	3.00	Bueno	0.26	0.32	Malo
T5	67.6	20+539.69	20+684.93			60	Bueno	2.55	Bueno			
C5	55.1	20+684.93	20+755.15	65.64	6.28%	60	Bueno	12.45	Regular	0.37	0.30	Bueno
T6	62.0	20+755.15	20+787.77			60	Bueno	6.90	Bueno			
C6	60.6	20+787.77	20+844.01	80.76	5.40%	60	Bueno	1.45	Bueno	0.30	0.30	Regular
T7	80.0	20+844.01	21+075.54			60	Malo	19.45	Regular			
C7	60.0	21+075.54	21+163.83	102.30	5.19%	60	Bueno	20.00	Malo	0.23	0.23	Regular
T8	59.0	21+163.83	21+224.54			60	Bueno	1.00	Bueno			
C8	53.0	21+224.54	21+284.96	59.19	6.06%	60	Bueno	6.05	Bueno	0.42	0.31	Bueno
T9	68.5	21+284.96	21+528.85			60	Bueno	15.55	Regular			
C9	60.0	21+528.85	21+712.74	101.60	5.13%	60	Bueno	8.50	Bueno	0.23	0.23	Regular
T10	60.9	21+712.74	22+174.94			60	Bueno	0.85	Bueno			

PARÁMETROS EXISTENTES EN LA CARRETERA						Vd Km/h	Elementos Simples	ÄV85	Elementos Sucesivos	fricción lateral provista	fricción lateral demandada	Estabilidad Dinámica
Elemento	V85	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Radio (m)	Peralte (%)		Criterio I de Lamm		Criterio II de Lamm	fra	frd	Criterio III de Lamm
C10	46.0	22+174.94	22+218.97	101.29	5.29%	60	Regular	14.85	Regular	0.23	0.11	Bueno
T11	44.8	22+218.97	22+487.73			60	Regular	1.20	Bueno			
C11	72.0	22+487.73	22+553.12	132.59	4.78%	60	Regular	27.20	Malo	0.17	0.26	Malo
T12	83.0	22+553.12	22+822.00			60	Malo	11.00	Regular			
C12	80.4	22+822.00	23+033.41	282.60	3.66%	60	Malo	2.60	Bueno	0.06	0.14	Malo
T13	86.1	23+033.41	23+484.82			60	Malo	5.70	Bueno			
C13	72.4	23+484.82	23+571.53	122.20	4.98%	60	Regular	13.70	Regular	0.18	0.29	Malo
T14	75.0	23+571.53	23+723.75			60	Regular	2.60	Bueno			
C14	65.0	23+723.75	23+791.93	109.75	4.82%	60	Bueno	10.00	Bueno	0.21	0.25	Malo
T15	74.1	23+791.93	23+882.25			60	Regular	9.10	Bueno			
C15	71.6	23+882.25	23+977.63	1625.77	0.35%	60	Regular	2.55	Bueno	0.01	0.02	Regular
T16	64.4	23+977.63	24+015.72			60	Bueno	7.15	Bueno			
C16	60.8	24+015.72	24+156.07	82.50	5.96%	60	Bueno	3.60	Bueno	0.28	0.29	Regular
T17	82.7	24+156.07	24+825.30			60	Malo	21.90	Malo			
C17	63.2	24+825.30	24+980.68	95.97	5.44%	60	Bueno	19.50	Regular	0.24	0.27	Malo

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 16 Criterio I de Lamm: Elementos Simples para Vop en
 Descendente

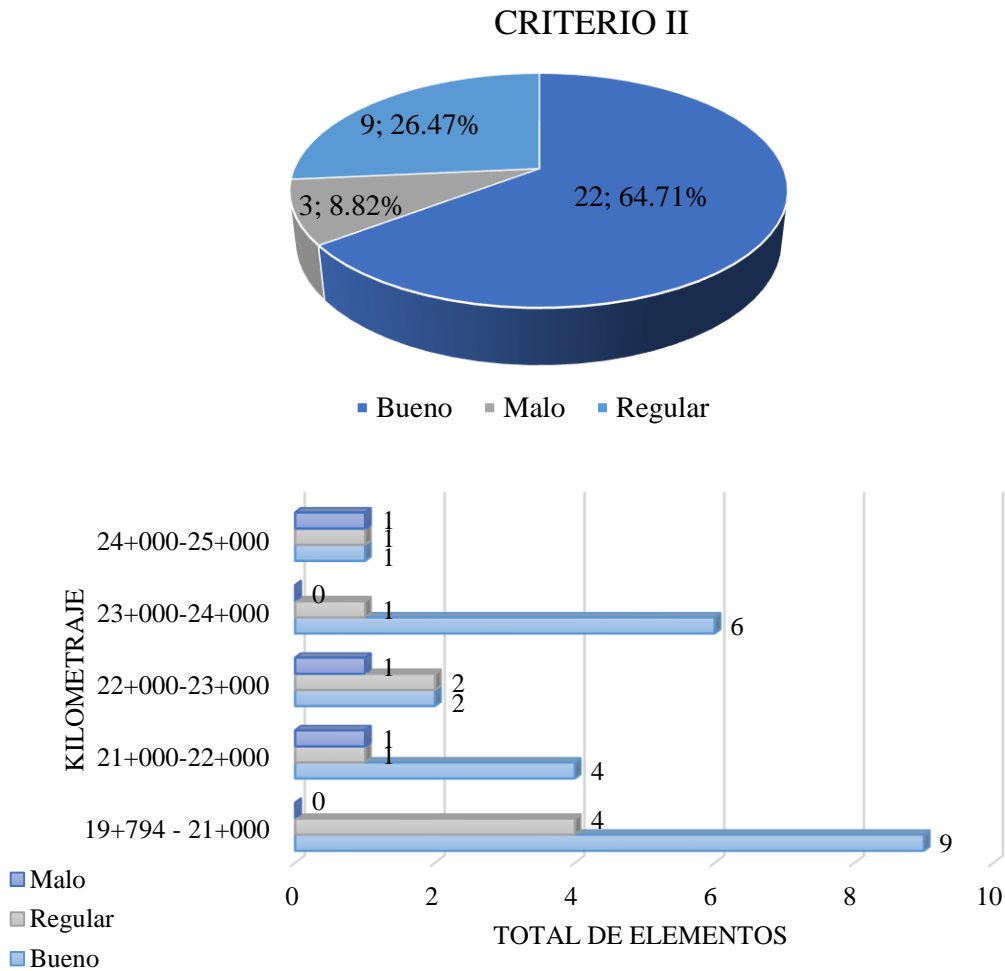


Fuente: Elaboración Propia

El término generales de la aplicación del Criterio I de Lamm: Elementos Simples, muestra que el 61.76% de los elementos logran tener una condición Bueno, el 23.53% una condición de Regular y el 14.71% una condición de Malo, y cuando se lo analiza en por kilometraje, son los dos primeros kilómetros los que contienen elementos en condición de bueno, esto se debe principalmente que en la toma de velocidades se pudo apreciar que existen controladores de velocidad del tipo giba y que también las longitudes en tangente son cortas en comparación al resto de kilómetros, lo que conlleva a un control en la variación de las velocidades de

operación pues no existe longitudes en tangente que permitan desarrollar velocidades superiores.

GRÁFICO N° 17 Criterio II de Lamm: Elementos Sucesivos para Vop en Descendente

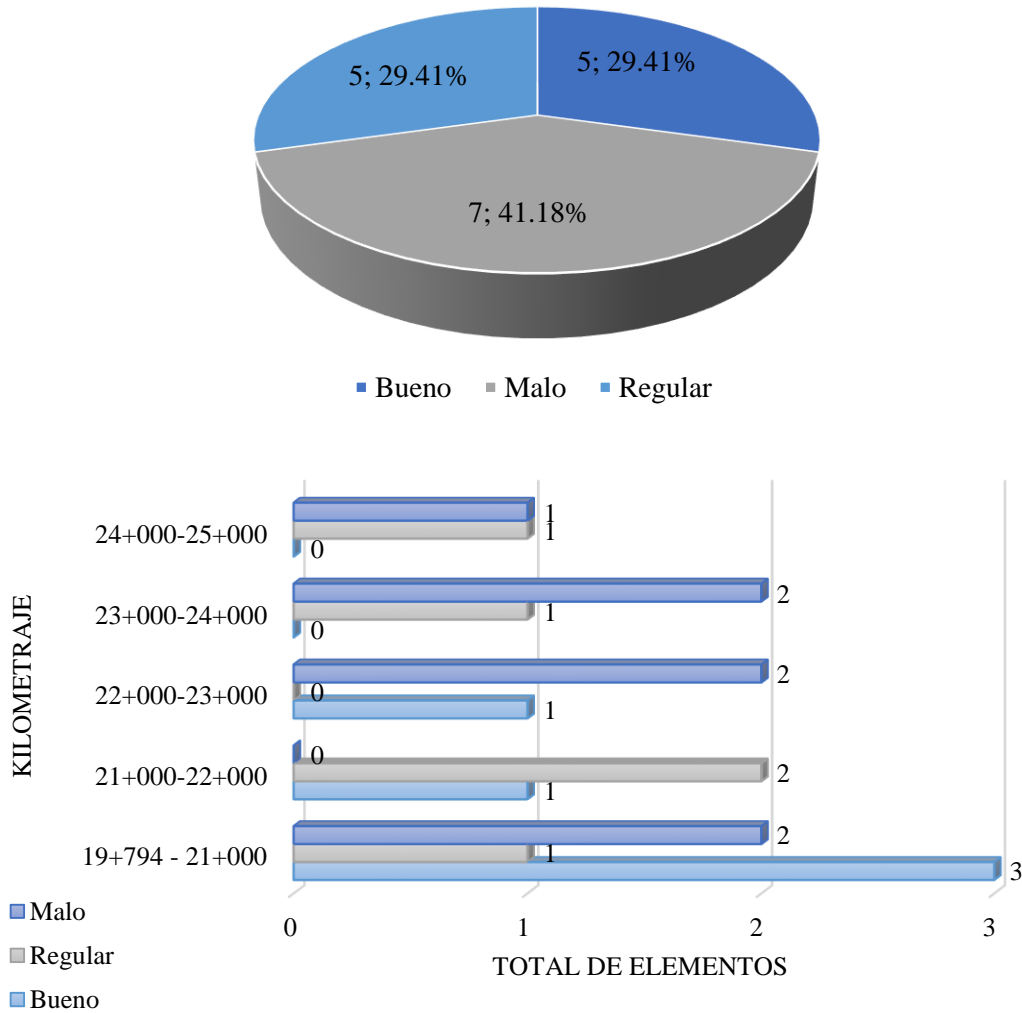


Fuente: Elaboración propia

El término generales de la aplicación del Criterio II de Lamm: Elementos Sucesivos, muestra que el 64.71% de los elementos logran tener una condición Bueno, el 26.47% una condición de Regular y el 8.82% una condición de Malo, y cuando se lo analiza por kilometraje, se aprecia una adecuada distribución con respecto a los elementos en condición de “Malo”, esto debido a que aparecen 1 solo elemento por kilómetro a excepción del primer kilómetro el cual no cuenta con elementos e condición de malo, lo que conlleva a presentar una homogeneidad en las velocidades entre tramos en tangente y tramos en curva del tramos en estudio.

GRÁFICO N° 18 Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica para Vop en
 Descendente

CRITERIO III



El término generales de la aplicación del Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica, analiza únicamente a las curvas en el tramo, y el análisis muestra que el 29.41% de los elementos logran tener una condición Bueno, el 29.41% una condición de Regular y el 41.18% una condición de Malo, el análisis de la Estabilidad dinámica cuando la condición es “Malo”, se debe de interpretar como la posibilidad de que los vehículos experimenten una ligera sacudida por el cambio de las fuerzas centrífugas al ingresar a la curva, esto es debido en esencia por los parámetros de la curva y de la velocidad con la que los conductores ingresan. El análisis por kilometraje muestra que en todos existe un alto número de curvas los cuales presentan condición de malo, resaltando una inseguridad en dichos elementos.

TABLA N° 38 Criterios de Lamm para las velocidades de operación en sentido ascendente

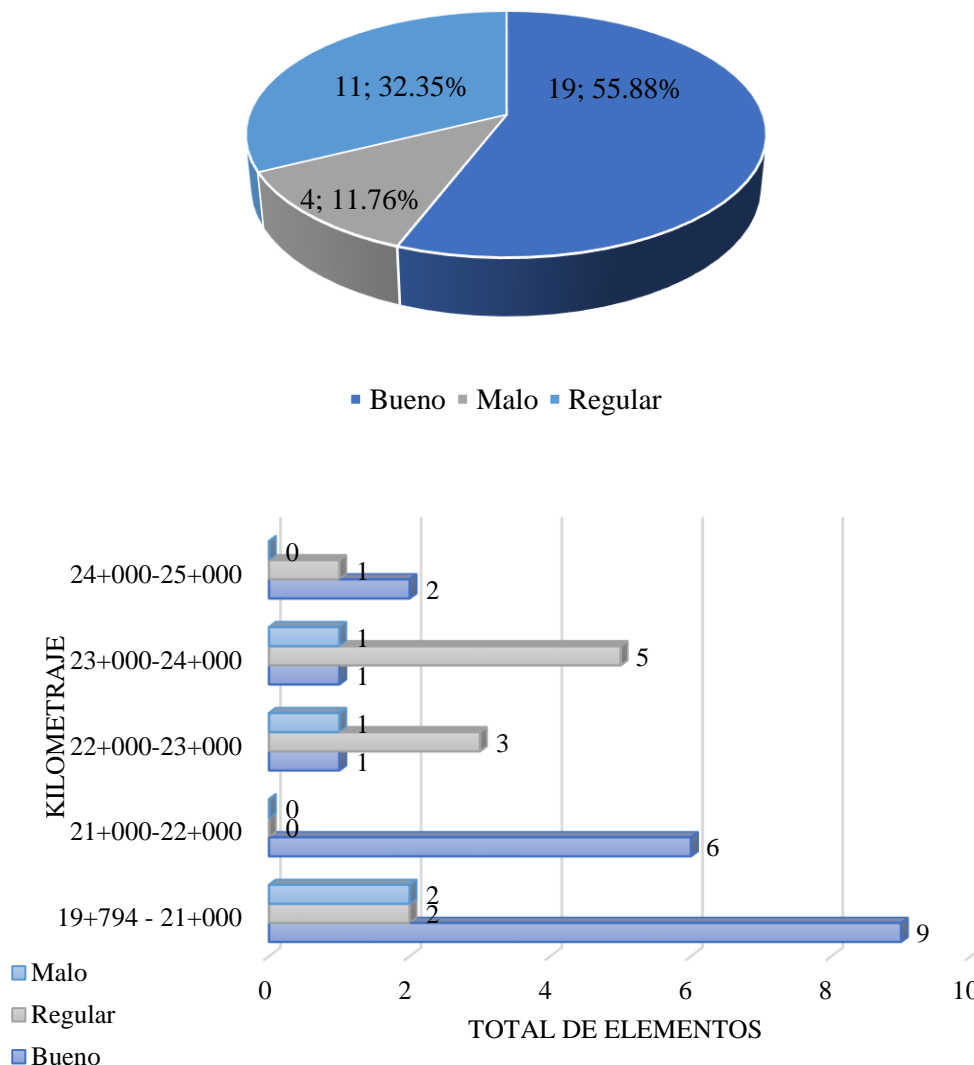
PARÁMETROS EXISTENTES EN LA CARRETERA						Vd Km/h	Elementos Simples Criterio I de Lamm	ÄV85	Elementos Sucesivos Criterio II de Lamm	fricción lateral provista fra	fricción lateral demandada frd	Estabilidad Dinámica Criterio III de Lamm
Elemento	V85	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Radio (m)	Peralte (%)							
T1	37.3	19+793.98	19+927.56			60	Malo	10.75	Regular			
C1	37.0	19+927.56	19+982.91	95.50	5.85%	60	Malo	0.25	Bueno	0.24	0.05	Bueno
T2	56.2	19+982.91	20+161.45			60	Bueno	19.20	Regular			
C2	52.4	20+161.45	20+272.99	60.92	6.31%	60	Bueno	3.80	Bueno	0.40	0.29	Bueno
T3	60.0	20+272.99	20+389.15			60	Bueno	7.60	Bueno			
C3	57.7	20+389.15	20+464.66	98.78	5.28%	60	Bueno	2.30	Bueno	0.23	0.21	Bueno
T4	65.4	20+464.66	20+494.45			60	Bueno	7.70	Bueno			
C4	56.0	20+494.45	20+539.69	91.52	4.85%	60	Bueno	9.40	Bueno	0.26	0.22	Bueno
T5	71.0	20+539.69	20+684.93			60	Regular	15.00	Regular			
C5	69.0	20+684.93	20+755.15	65.64	6.28%	60	Bueno	2.00	Bueno	0.37	0.51	Malo
T6	62.0	20+755.15	20+787.77			60	Bueno	7.00	Bueno			
C6	63.0	20+787.77	20+844.01	80.76	5.40%	60	Bueno	1.00	Bueno	0.30	0.33	Malo
T7	70.7	20+844.01	21+075.54			60	Regular	7.70	Bueno			
C7	62.0	21+075.54	21+163.83	102.30	5.19%	60	Bueno	8.70	Bueno	0.23	0.24	Regular
T8	66.0	21+163.83	21+224.54			60	Bueno	4.00	Bueno			
C8	59.0	21+224.54	21+284.96	59.19	6.06%	60	Bueno	7.00	Bueno	0.42	0.40	Regular
T9	64.7	21+284.96	21+528.85			60	Bueno	5.70	Bueno			
C9	65.7	21+528.85	21+712.74	101.60	5.13%	60	Bueno	1.00	Bueno	0.23	0.28	Malo
T10	60.0	21+712.74	22+174.94			60	Bueno	5.70	Bueno			

PARÁMETROS EXISTENTES EN LA CARRETERA						Vd Km/h	Elementos Simples	ÄV85	Elementos Sucesivos	fricción lateral provista	fricción lateral demandada	Estabilidad Dinámica
Elemento	V85	Progresiva Inicial	Progresiva Final	Radio (m)	Peralte (%)		Criterio I de Lamm		Criterio II de Lamm	fra	frd	Criterio III de Lamm
C10	37.7	22+174.94	22+218.97	101.29	5.29%	60	Malo	22.30	Malo	0.23	0.06	Bueno
T11	46.0	22+218.97	22+487.73			60	Regular	8.30	Bueno			
C11	58.0	22+487.73	22+553.12	132.59	4.78%	60	Bueno	12.00	Regular	0.17	0.15	Regular
T12	74.9	22+553.12	22+822.00			60	Regular	16.85	Regular			
C12	79.6	22+822.00	23+033.41	282.60	3.66%	60	Regular	4.70	Bueno	0.06	0.14	Malo
T13	84.7	23+033.41	23+484.82			60	Malo	5.15	Bueno			
C13	74.7	23+484.82	23+571.53	122.20	4.98%	60	Regular	10.00	Bueno	0.18	0.31	Malo
T14	73.7	23+571.53	23+723.75			60	Regular	1.05	Bueno			
C14	67.6	23+723.75	23+791.93	109.75	4.82%	60	Bueno	6.10	Bueno	0.21	0.28	Malo
T15	75.0	23+791.93	23+882.25			60	Regular	7.45	Bueno			
C15	77.4	23+882.25	23+977.63	1625.77	0.35%	60	Regular	2.40	Bueno	0.01	0.03	Regular
T16	75.0	23+977.63	24+015.72			60	Regular	2.40	Bueno			
C16	60.9	24+015.72	24+156.07	82.50	5.96%	60	Bueno	14.15	Regular	0.28	0.29	Regular
T17	75.7	24+156.07	24+825.30			60	Regular	14.85	Regular			
C17	61.4	24+825.30	24+980.68	95.97	5.44%	60	Bueno	14.30	Regular	0.24	0.25	Regular

Fuente: Elaboración Propia

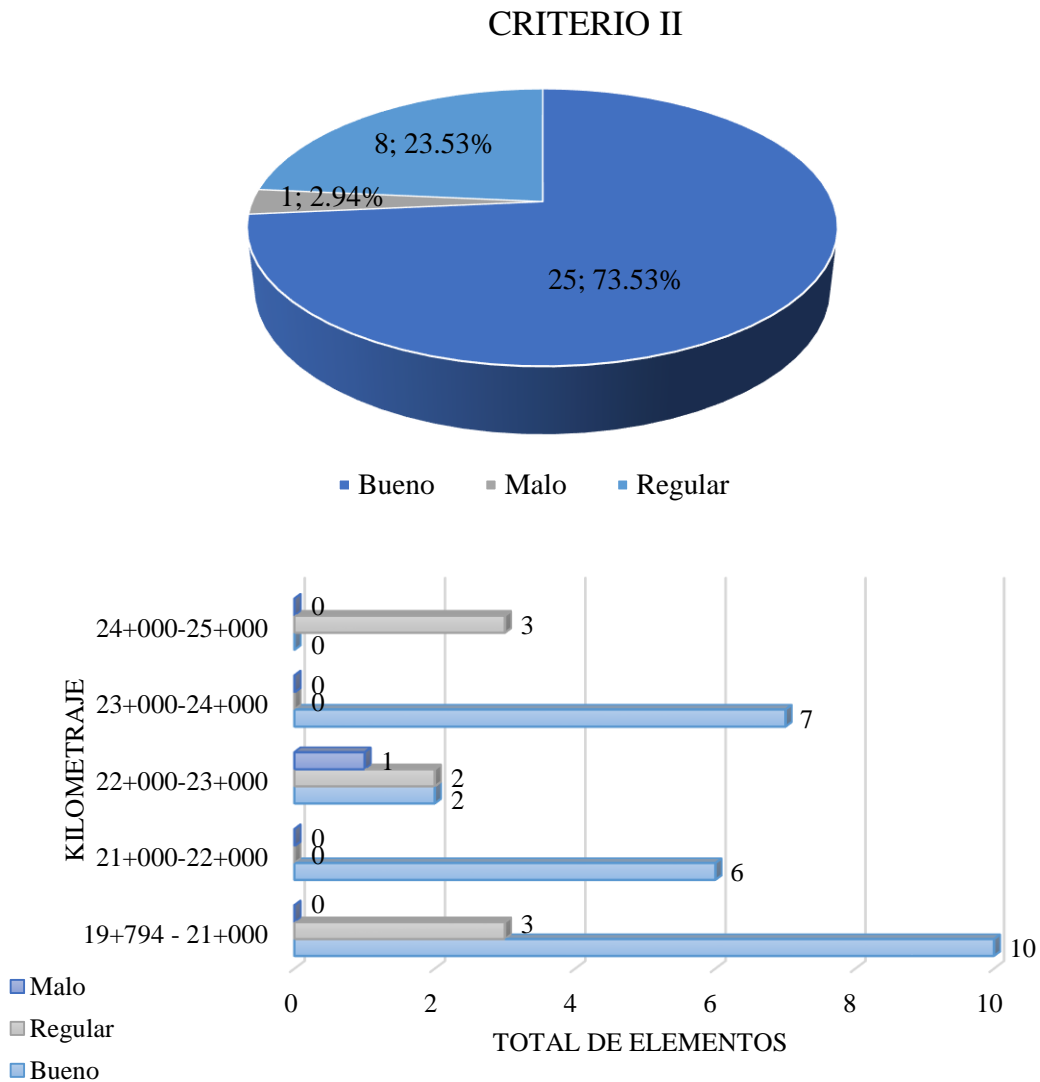
GRÁFICO N° 19 Criterio I de Lamm: Elementos Simples para Vop en sentido Ascendente

CRITERIO I



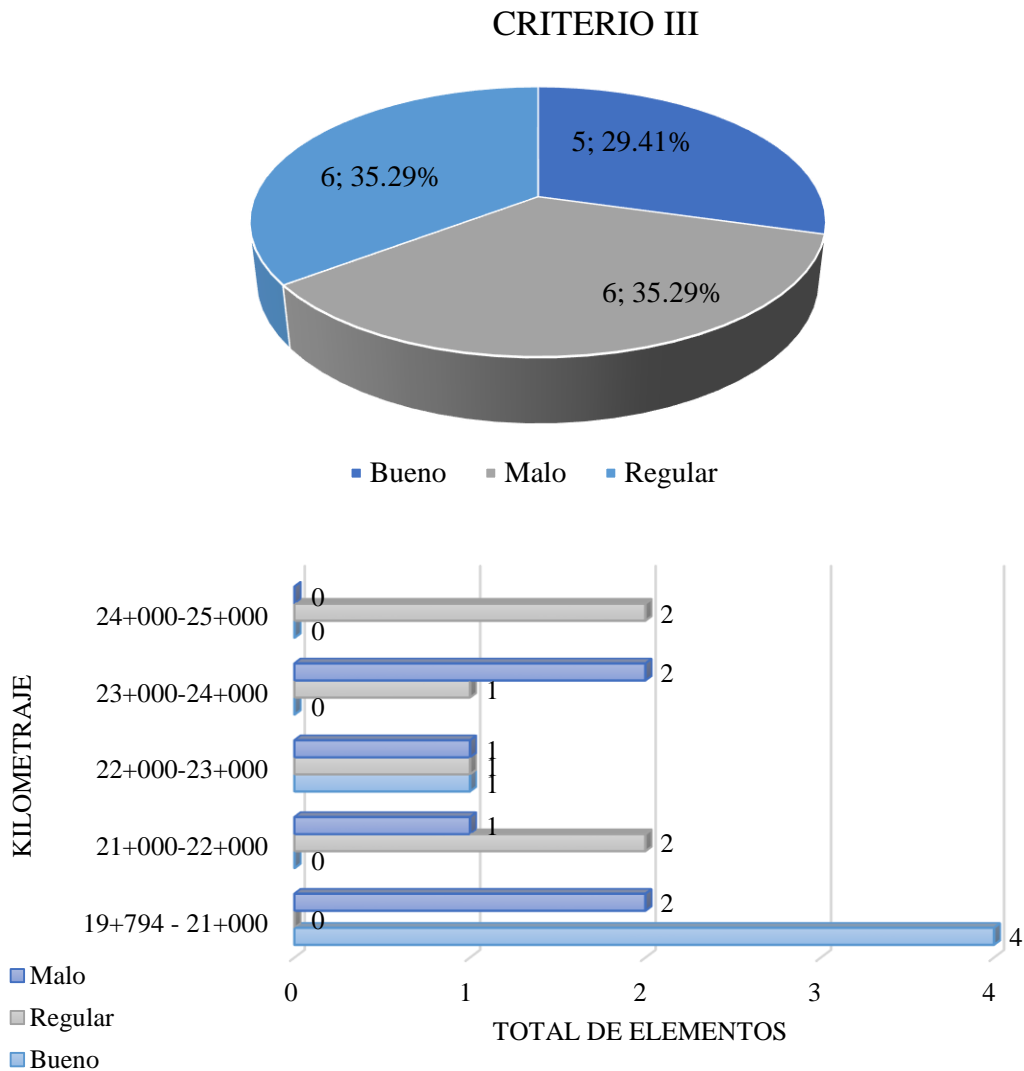
El término generales de la aplicación del Criterio I de Lamm: Elementos Simples, muestra que el 55.88% de los elementos logran tener una condición Bueno, el 32.35% una condición de Regular y el 11.76% una condición de Malo, y cuando se lo analiza en por kilometraje, son los dos primeros kilómetros los que contienen elementos en condición de “Bueno”.

GRÁFICO N° 20 Criterio II de Lamm: Elementos Sucesivos para Vop en sentido Ascendente



El término generales de la aplicación del Criterio II de Lamm: Elementos Sucesivos, muestra que el 73.53% de los elementos logran tener una condición Bueno, el 23.53% una condición de Regular y el 2.94% una condición de Malo, y cuando se lo analiza por kilometraje, se aprecia que existe una reducción brusca en los cambios de velocidades entre elementos, proporcionando homogeneidad en su recorrido y por ende una mayor seguridad.

GRÁFICO N° 21 Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica para Vop en sentido Ascendente



El término generales el análisis muestra que el 29.41% de los elementos logran tener una condición Bueno, el 35.29% una condición de Regular y el 35.29% una condición de Malo, se puede apreciar que el primer kilómetro logra tener el 66.67% de sus elementos en condición de bueno, esto debido a que las velocidades de operación son bajas por motivos de sus cortas longitudes en tangente y los controladores de velocidad existente en dicho tramo, así mismo, el resto de kilómetros presentan condiciones de malos y regulares, habiendo puntos críticos en la consistencia de la estabilidad dinámica en dichos tramos, y esto conlleva a un aumento de la inseguridad de la vía.

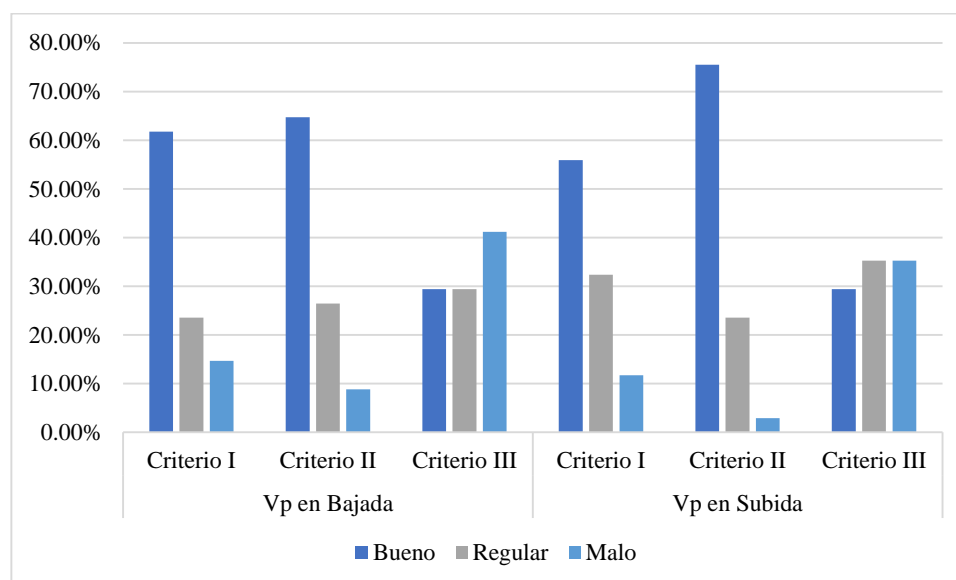
Del análisis de la consistencia por criterios de Lamm, se obtiene los siguientes resultados consolidados:

TABLA N° 39 Porcentajes totales de criterios de Lamm (ascendente y descendente)

Estado	Vp en Descendente			Vp en Ascendente		
	Criterio I	Criterio II	Criterio III	Criterio I	Criterio II	Criterio III
Bueno	61.76%	64.71%	29.41%	55.88%	75.53%	29.41%
Regular	23.53%	26.47%	29.41%	32.35%	23.53%	35.29%
Malo	14.71%	8.82%	41.18%	11.76%	2.94%	35.29%

Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 22 Porcentajes totales de criterios de Lamm en ascendente y en descendente



Fuente: Elaboración Propia

Del grafico N° 22, se logra apreciar que los criterios I y II presentan un alto porcentaje de condición “Bueno”, esto es posible debido a que la velocidad de operación presentadas a lo largo de la carretera no tiene una variación significativa, manteniendo una homogeneidad en la trayectoria. Pero cuando analizamos el criterio III, se observa un aumento en la condición de malo, esto es debido a las condiciones existentes de las curvas en la carretera, lo cual indica que existe una inseguridad en estos elementos cuando se los trabaja de forma aislada, lo cual conlleva a un aumento de la probabilidad de accidentabilidad y por ende a una mayor inseguridad en la carretera, es por ello que a partir de aquí se tomará

en consideración principal a las curvas como elementos principales de la seguridad vial de la carretera en estudio.

4.4 Implementación de curvas de transición a nivel de diseño en planta.

Como se ha visto en los ítems anteriores, son únicamente tres curvas a lo largo de la carretera en estudio las cuales cumplen con el radio mínimo exigido por la norma, para ser exactos, son las curvas 11, 12 y 15 (Tabla N° 26 Parámetros de curvas circulares y verificación de radios mínimos), pero a pesar que éstos elementos cumplen con lo exigido por la norma, cuando se realiza un análisis según el Criterio III de Lamm: Estabilidad Dinámica, aparecen categorías de “Malo” y “Regular” en dichas curvas. Es por tal motivo que se procederá a aplicar el procedimiento dado por la normativa vigente para la implementación de curvas de transición a todas las posibles curvas existentes, esto con el fin de poder proporcionar un cambio gradual y cómodo de un radio de curvatura infinito (tramo tangente) a un elemento con radio constante y también ajustar el trazo de la trayectoria de los vehículos.

El primer paso a tomar es la implementación de radios mínimos, esto debido a que se toma como prioridad la seguridad, realizando un análisis de las posibilidades que existe con el trazo existente se obtiene los siguientes resultados:

De las 17 curvas existentes, únicamente 9 curvas (52.94%) tienen la posibilidad de aceptar radios mínimos, las cuales son: C1, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14 y C16; las curvas C3 y C4 presentan el mismo sentido, por tal motivo pueden ser reemplazados por una única curva denominada C3 el cual también presentará radios mínimos; para el resto de curvas, con excepción de la curva 15, no logran alcanzar el radio mínimo, esto por motivos del alineamiento existente, ya que no proporciona longitudes de tramos tangente suficientes para la existencia de radios mínimos, siendo el principal factor la topografía, el trazo original y la falta de reconocimiento del derecho de vía de la carretera.

El segundo paso para la implementación es el diseño de curvas de transición para las curvas que tienen la posibilidad de contar con los radios mínimos, es así que para la curva C1 se aplicará las formulas presentadas en el ítem 3.2.5.3.4. Curvas de Transición, de lo cual se tiene:

Datos previos para el diseño de Curva de Transición:

Vdiseño de la curva	:	60 km/h
Radio existente	:	125 m.
Peralte existente	:	8.00%
Ancho de calzada	:	7.20 m
Ángulo de deflexión	:	33°12'34.56"

Como la velocidad es menor de 80 km/h, el parámetro $j = 0.5 \text{ m/s}^3$, según la tabla N° 6. Variación de la aceleración transversal por unidad de tiempo.

Se analizará en primera instancia la longitud mínima requerida para la curva de transición, la cual según el criterio de la variación de la aceleración centrífuga será:

$$L_{\min} = \frac{60}{46.656(0.5)} * \left[\frac{60^2}{125} - 1.27 * 8.00 \right] = 48.00 \text{ m}$$

Esta es la mínima longitud para cumplir con el criterio de la variación de la aceleración transversal de 0.5 m/s^3 , lo que se traduce en una distribución adecuada de las fuerzas centrífugas generadas por el cambio del radio de curvatura desde un tramo tangente a uno curvo.

El segundo criterio es el de la Transición de peralte, para ello se aplicará la ecuación 28, la cual nos permite obtener la inclinación máxima en cualquier borde de la calzada respecto al eje, y considerando que antes de la curva existe una sección en bombeo ($p = -2.50\%$), es necesario garantizar la longitud para que se realice la transición de los peraltes.

$$ip_{\max} = 1.80 - 0.01 * (60) = 1.20$$

$$L_{\min} = \frac{8.00 - (-2.5)}{1.20} * \frac{7.20}{2} = 31.50 \text{ m}$$

La longitud dada de 31.50 m es la mínima longitud que puede tener la espiral para poder desarrollar la transición de bombeo al peralte.

La longitud máxima de la espiral estará limitada por el Ángulo de inflexión de la curva original, esto con el objetivo de que exista una sección a lo largo de la curva en la cual se desarrolle el radio de curvatura exigido, para el primer caso se tiene:

$$L_{\max} = (\Delta) * R = \frac{\pi}{180^\circ} * (33^\circ 12' 56") * 125 = 72.45 \text{ m}$$

Dónde: Δ es el Ángulo de deflexión de la curva original (radianes), y el radio existente (R) en metros.

Seguendo lo estipulado en la norma, las formulas dadas están en función de la ubicación del punto P (Figura 3. Elementos de la curva de transición – curva circular), con respecto a la intersección del alineamiento en tangente, con el inicio de la espiral, para la ubicación de las coordenadas de dicho punto se aplicará las expresiones desarrolladas de las integrales de Fresnel con una Longitud de espiral (Ls) de 48.00 m, se tiene:

$$A = \sqrt{48 * 125} = 77.46 \text{ m}$$

$$tp = \frac{48.00}{2 * 125} = 0.19 \text{ rad}$$

$$X_{P1} = 77.46 * \sqrt{2 * 0.19} \left[1 - \frac{0.19^2}{10} + \frac{0.19^4}{216} - \frac{0.19^6}{9360} + \dots \right] = 47.82 \text{ m}$$

$$Y_{P1} = 77.46 * \sqrt{2 * 0.19} \left[\frac{0.19}{3} - \frac{0.19^3}{42} + \frac{0.19^5}{1320} - \frac{0.19^7}{75800} + \dots \right] = 3.06 \text{ m}$$

A partir de aquí se puede obtener los elementos de la curva de transición.

Desplazamientos:

$$\Delta R = 3.06 - 125 * \left(1 - \text{Cos} \left(0.19 * \frac{180}{\pi} \right) \right) = 0.77 \text{ m}$$

$$d = \frac{0.77}{\text{Cos} \left(\frac{33^\circ 12' 34.56''}{2} \right)} = 0.80 \text{ m}$$

Tangente de Espiral (OV)

$$Yc = 125.00 + 0.77$$

$$OV = 47.82 + (125 + 0.77) * \text{Tan} \left(\frac{33^\circ 12' 34.56''}{2} \right) - 125 * \text{Sen} \left(0.19 * \frac{180}{\pi} \right)$$

$$OV = 61.47 \text{ m}$$

Desarrollo de la curva circular

$$PP' = 2 * \frac{\pi}{360} * 125 * \left(33^\circ 12' 34.56'' - 2 * \frac{0.19 * 180}{\pi} \right) = 24.45 \text{ m}$$

En resumen, se obtiene:

Ls	=	48.00 m.	A	=	77.46 m
Tp	=	0.19 rad.	Xp	=	47.82 m.
Yp	=	3.06 m.	ΔR	=	0.77 m.
d	=	0.80 m.	OV	=	61.47 m
Xc	=	23.97 m.	Yc	=	125.77 m.
PP'	=	24.45 m.			

TABLA N° 40 Parámetros de Curvas de transición.

Elem.	PROGRESIVA		Vd (km/h)	PARÁMETROS C.C			PARÁMETROS DE LA CURVA DE TRANSICIÓN									
	Pi	Pf		Δ	Peralte (%)	Radio (m)	L (m)	A	Tp & Δc	Xp	Yp	Tan. Corta	Tan. Larga	Tan. Esp	Xc	Yc
S1	19+894.58	19+942.58				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	61.47	23.97	125.77	
C1	19+942.58	19+967.03	60.00	33°12'34.56"	8.00%	125.00	24.45	11°12'28.80"								
S2	19+967.03	20+015.03				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	61.47	23.97	125.77	
S3	20+358.58	20+406.58				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	115.39	23.97	125.77	
C3	20+406.58	20+515.71	60.00	72°1'26.76"	8.00%	125.00	109.13	50°1'21.36"								
S4	20+515.71	20+563.71				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	115.39	23.97	125.77	
S5	21+039.69	21+087.69				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	81.89	23.97	125.77	
C7	21+087.69	21+147.59	60.00	49°27'18.72"	8.00%	125.00	59.90	27°27'13.32"								
S6	21+147.59	21+195.59				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	81.89	23.97	125.77	
S7	21+471.09	21+519.09				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	184.09	23.97	125.77	
C9	21+519.09	21+697.33	60.00	103°42'8.64"	8.00%	125.00	178.24	81°42'3.24"								
S8	21+697.33	21+745.33				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	184.09	23.97	125.77	
S9	22+123.42	22+171.42				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	51.74	23.97	125.77	
C10	22+171.42	22+177.76	60.00	24°54'21.24"	8.00%	125.00	6.34	2°54'15.48"								
S10	22+177.76	22+225.76				48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	51.74	23.97	125.77	
S11	22+443.00	22+487.00				44.00	76.38	9°30'24.48"	43.88	2.43	14.71	29.38	55.51	21.98	133.20	
C11	22+487.00	22+508.40	60.00	28°15'32.40"	8.00%	132.59	21.40	9°14'43.44"								
S12	22+508.40	22+552.40				44.00	76.38	9°30'24.48"	43.88	2.43	14.71	29.38	55.51	21.98	133.20	

Elem.	PROGRESIVA		Vd (km/h)	PARÁMETROS C.C			PARÁMETROS DE LA CURVA DE TRANSICIÓN									
	Pi	Pf		Δ	Peralte (%)	Radio (m)	L (m)	A	Tp & Δc	Xp	Yp	Tan. Corta	Tan. Larga	Tan. Esp	Xc	Yc
S13	22+785.60	22+812.60					27.00	87.35	2°44'13.56"	26.99	0.43	9.00	18.00	124.47	13.50	282.71
C12	22+812.60	22+997.01	60.00	42°51'47.16"	6.50%	282.60	184.41		37°23'20.40"							
S14	22+997.01	23+024.01					27.00	87.35	2°44'13.56"	26.99	0.43	9.00	18.00	124.47	13.50	282.71
S15	23+436.59	23+484.59					48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	70.56	23.97	125.77
C13	23+484.59	23+525.29	60.00	40°39'16.56"	8.00%	125.00	40.70		18°39'10.80"							
S16	23+525.29	23+573.29					48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	70.56	23.97	125.77
S17	23+671.10	23+719.10					48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	64.34	23.97	125.77
C14	23+719.10	23+748.76	60.00	35°35'45.96"	8.00%	125.00	29.66		13°35'40.20"							
S18	23+748.76	23+796.76					48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	64.34	23.97	125.77
S19	23+918.18	23+966.18					48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	167.30	23.97	125.77
C16	23+966.18	24+130.82	60.00	97°28'1.56"	8.00%	125.00	164.64		75°27'55.80"							
S20	24+130.82	24+178.82					48.00	77.46	11°0'2.88"	47.82	3.06	16.06	32.06	167.30	23.97	125.77

Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que la curva C15 con radio $R = 1625.77$ m se ha modificado para que tenga el radio de mínimo ($R = 125$), éste es válido debido a que dicha curva presenta un Angulo Deflexión pequeño, otorgando una distancia de visibilidad aceptable, además, esto conlleva a que se pueda adaptar una curva de transición en la curva siguiente C16, además, la curva C3 y C4 son rediseñadas con la curva de transición C3.

S: Curvas de transición (Espirales)

C: Curvas Horizontales

4.5 Análisis de la implementación de curvas de transición.

La implementación de las curvas de transición permite que la fuerza centrípeta aparezca de forma gradual a lo largo que se ingresa a la curva de transición y llega a su máximo valor en el radio definido por la curva horizontal rediseñada, lo cual al comparar las fuerzas centrífugas iniciales con las fuerzas centrífugas rediseñadas a lo largo de la curva de transición y curva horizontal se tiene:

Tomando como promedio el peso de un vehículo ligero de 3000 kgf, para la curva horizontal existente C1 con radio (R) de 95.50 m y con una velocidad de diseño de 60 km/h, aplicando la ecuación 54:

$$F_c = \frac{3000 \text{ kgf}}{9.81 \text{ m/s}^2} * \frac{60^2 (\frac{\text{km}^2}{\text{h}^2})}{95.50 \text{ m}}$$
$$F_c = 889.50 \text{ kgf}$$

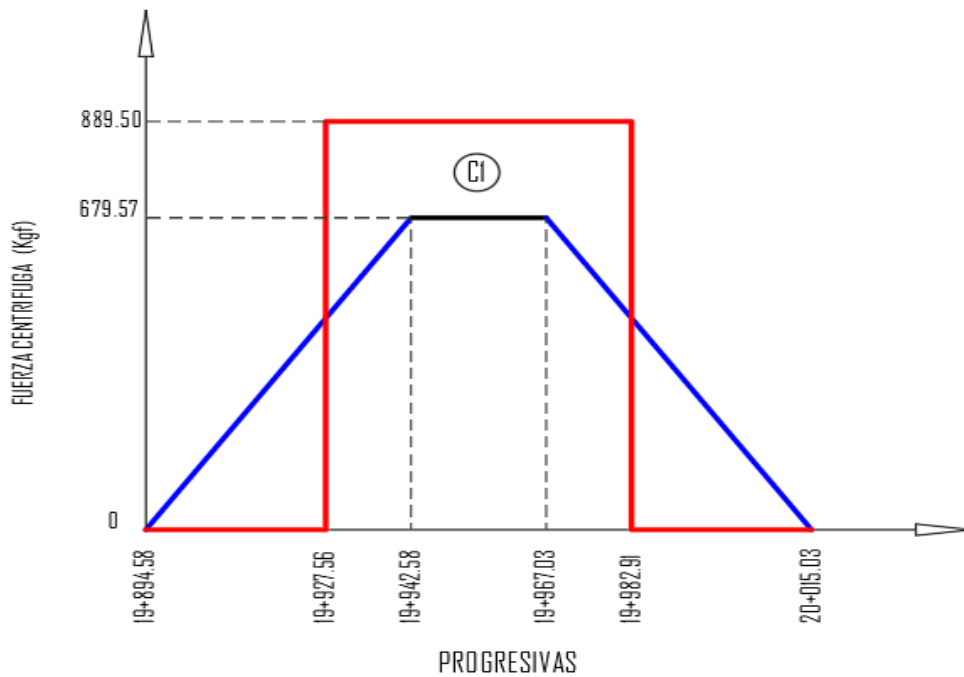
Y tomando los parámetros con el rediseño para la curva de transición en su punto máximo:

$$F_c = \frac{3000 \text{ kgf}}{9.81 \text{ m/s}^2} * \frac{60^2 (\frac{\text{km}^2}{\text{h}^2})}{125 \text{ m}}$$
$$F_c = 679.57 \text{ kgf}$$

A lo largo de la curva de transición se tienen las siguientes fuerzas centrípetas:

DISTANCIA (m)	R (m)	Fc (Kgf)
0	Infinito	0.00
5	1200.01	70.79
10	600.01	141.58
15	400.00	212.37
20	300.00	283.16
25	240.00	353.94
30	200.00	424.73
35	171.43	495.52
40	150.00	566.31
45	133.33	637.10
48	125.00	679.57

GRÁFICO N° 23 Comparación de fuerzas centrípetas de la Curva C-1



Elaboración Propia

La línea azul representa la curva de transición la cual se puede apreciar que la variación de la fuerza centrípeta es de forma constante a lo largo de su longitud, en comparación con la curva existente, la roja, en la cual el cambio de fuerza centrípeta es de manera brusca, presentando posible sorpresa a los conductores aumentando la inseguridad de la carretera, así también la invasión de carril contrario; el rediseño permite disminuir la fuerza centrípeta en el punto central para la curva C-1 en un 23.60%.

Los resultados en su totalidad son:

CURVA	<i>Fc máx (Kgf)</i>	<i>Fc máx (Kgf)</i>	% De Disminución de Fc
	<i>Existente</i>	<i>Rediseño</i>	
C1	889.50	679.57	23.60%
C3	859.96	679.57	20.98%
C4	928.18	679.57	26.78%
C7	830.42	679.57	18.16%
C9	836.10	679.57	18.72%
C10	838.64	679.57	18.97%
C11	640.70	640.70	0.00%
C12	300.59	300.59	0.00%
C13	695.14	679.57	2.24%
C14	774.01	679.57	12.20%
C16	1029.61	679.57	34.00%

La Implementación de curvas de transición permiten un cambio gradual de la fuerza centrípeta a lo largo de la curva de transición y con el rediseño de curvas con radios mínimos se reduce en un 15.97% las fuerzas centrípetas presente en las curvas existentes; esto mejorando la distribución de fuerzas centrípetas en consecuencia mejorando la seguridad vial de la carretera en estudio.

4.6 Contrastación de la hipótesis.

La hipótesis planteada en el presente estudio es aceptada, ya que de los múltiples análisis se ha podido demostrar que la seguridad vial de la carretera Centro Poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A no es la aceptable, esto por motivo de las características geométricas existentes, así como también de lo obtenido en el análisis de consistencia y en la verificación de la homogeneidad de la carreta. Esta seguridad vial mejoró en todos los casos que sea posible la implementación de curvas de transición y el rediseño de curvas, permitiendo a la carretera contar con un cambio gradual y cómodo de elementos de radios infinitos a elementos de radios constantes (curvas de transición), así como también la de evitar la invasión de carril por los vehículos, lo cual es generado principalmente por los cambios bruscos de las fuerzas centrípetas cuando se abordan las curvas horizontales así mismo, con el rediseño de las curvas con radios mínimos se obtuvo que la fuerza centrípeta en el centro de las curvas disminuye en un 15.97% con respecto a las fuerzas existentes, obteniendo así una mejora en la seguridad vial.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- Se realizó el Levantamiento Topográfico de la carretera centro poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A.
- Se realizó el estudio de tráfico de todos los vehículos reglamentarios que circulan por la carretera centro poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A resultando un IMDA DE 2811 veh/día.
- Se realizó el estudio orográfico del tramo de carretera centro poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A resultando una orografía del tipo 2, orografía ondulada.
- Se clasificó la carretera en estudio centro poblado Porcón Alto – Empalme de la carretera 3N con la carretera 8A como una de Primera Clase, Tipo 2, Red Vial Nacional.
- Se realizó el inventario de las características geométricas en estudio, resultando 17 tramos en tangente y 17 curvas horizontales, las cuales no cumplen los parámetros mínimos exigidos por la normativa vigente DG-2018.
- Se determinó las velocidades específicas de cada una de las curvas horizontales existentes, teniendo que, de las 17 curvas en términos de homogeneidad, 9 presentan condición de “Bueno” (52.94%), 6 la condición de “Regular” (35.29%) y 2 la condición de “Malo” (11.76%); en términos de la velocidad de operación, en 3 curvas la velocidad de operación (17.65%) son mayores que la velocidad específica y 14 (82.35%) están por debajo de la velocidad de operación.
- Se analizó la consistencia según criterios de Lamm obteniéndose; para el **flujo en descenso**, el Criterio I presenta 21 elementos en condición de “Bueno” (61.76%), 8 en condición de “Regular” (23.53%) y 5 en condición de “Malo” (14.71%), el Criterio II presenta 22 elementos en condición de “Bueno” (64.71%), 9 en condición de “Regular” (26.47%) y 3 en condición de “Malo” (8.82%) y el Criterio III presenta 5 elementos en condición de “Bueno” (29.41%), 5 en condición de “Regular” (29.41%) y 7 en condición de “Malo” (41.18%); para el **flujo en sentido ascendente**, el Criterio I presenta 19 elementos en condición de “Bueno” (55.88%), 11 en condición de “Regular” (32.35%) y 4 en condición de

“Malo” (11.76%), el Criterio II presenta 25 elementos en condición de “Bueno” (73.53%), 8 en condición de “Regular” (25.53%) y 1 en condición de “Malo” (2.94%) y el Criterio III presenta 5 elementos en condición de “Bueno” (29.41%), 6 en condición de “Regular” (35.29%) y 6 en condición de “Malo” (35.29%).

- Se implementó el diseño de curvas de transición en un 64.71% (C1, C3, C4, C7, C9, C10, C11, C12, C13, C14 y C16) del tramo de carretera estudiado, teniendo en total 10 curvas circulares con 20 curvas de transición.
- Se determinó la mejora de la seguridad vial por la implementación de la curva de transición y rediseño obteniéndose que los valores máximos de fuerza centrípeta presente en las curvas horizontales disminuyen en un 15.97%, así mismo un cambio gradual en la entrada y salida a las mismas.

5.2 Recomendaciones.

- Realizar un análisis de la seguridad vial en función de la señalización, dispositivos de seguridad y control, estado de pavimentación y estudio de la educación vial para la carretera, esto con el fin de complementar de forma global los demás factores que intervienen dentro de la seguridad vial.
- Realizar un análisis más detallado de las diferentes distancias de visibilidad (Parada, adelantamiento y en cruces) para velocidades de operación existente, esto debido a que el manual trabaja con hipótesis previas para su determinado cálculo.
- Realizar un análisis detallado de la fricción lateral existente en cada una de las curvas para la verificación de las velocidades específicas de cada elemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cárdenas Grisales, J. (2013). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS* (Segunda ed.). Bogotá, Bogotá, Colombia: Ecoe. Recuperado el 20 de Octubre de 2019
- Cifuentes Opsina, N. (2014). *Estudio de Seguridad Vial para determinar la Incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad carretera Bogotá-Villavicencio a partir de la salida del túnel de Boquerón a puente Quetame*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Cultura, & Cultura Vial. (26 de Mayo de 2011). *CULTURA VIAL*. Recuperado el 18 de Octubre de 2019, de <http://culturavial.com/2011/05/26/que-es-seguridad-vial/>
- Echaveguren Navarro, T., & Saez Cardenas, J. (Octubre de 2001). INDICADORES DE CONSISTENCIA EN EL DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS. X Congreso de Ingeniería de Transportes, 315-327. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/236345436_INDICADORES_DE_CONSISTENCIA_EN_EL_DISEÑO_GEOMETRICO_DE
- Flores Chugnas, M. (2019). *EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CARRETERA NAMORA - MATARA EN FUNCIÓN A SUS PARÁMETROS DE DISEÑO Y SEÑALIZACIÓN*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- García García, A., Camacho Torregrosa, F. J., & Díaz Gracia, J. S. (7, 8 y 9 de Junio de 2016). ANÁLISIS DE LA LONGITUD DE LAS RECTAS Y SU INFLUENCIA EN LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS CONVENCIONALES. XII Congreso de ingeniería del transporte. Recuperado el 21 de Octubre de 2019, de <http://ocs.editorial.upv.es/index.php/CIT/CIT2016/paper/view/4119>
- Hauer, E. (2000). *Safety in Geometric Design Standards I: Three anecdotes*. 2nd International Symposium on Highway Geometric Design. Mainz, Germany.
- Huamán Huamán, J. E. (2019). *EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL DE LA CARRETERA CAJAMARCA - BAMBAMARCA TRAMO KM 00+000 - KM 14+000 PORCÓN BAJO, EN FUNCIÓN A SUS PARÁMETROS DE DISEÑO*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- INEI. (2017). *PERÚ: VI CENSO NACIONAL DE COMISARÍAS 2017, RESULTADOS DEFINITIVOS: ANÁLISIS DE TRÁNSITO OCURRIDOS EN EL AÑO 2016*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Estadística e informática. Recuperado el 10 de Octubre de 2019
- Kraemer, C., Pardillo, J., Romana, M., Rocci, S., Sánchez Blanco, V., & del Val, M. (2009). *INGENIERÍA DE CARRETERAS* (Vol. I). MADRID, España: McGRAW-HILL. Recuperado el 13 de OCTUBRE de 2019
- MTC. (2003). *Reglamento Nacional de Vehículos*. Lima: Perú.
- MTC. (2007). *Reglamento de Jerarquización Vial*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/reglamentos_viales.html

- MTC. (2017). *Manual de Seguridad Vial*. Lima, Perú: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
- MTC. (2018). *Gosario de términos y uso frecuente en proyectos de infraestructura vial (R.D N° 02-2018-MTC/14) (RD N° 03-2018-MTC/14 (30.01.2018) ed.)*. Lima,Perú, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Recuperado el 20 de Octubre de 2019
- MTC. (2018). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras*. Lima: El Peruano.
- MTC. (2021). *Indice Medio Diario Anual*. Obtenido de <http://mtcgeo2.mtc.gob.pe/imdweb/consulta.aspx>
- OMS. (10 de Octubre de 2015). *ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD*. Recuperado el 23 de Octubre de 2019, de ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/es/
- Posada-Henao, J., Cadavid Agudelo, S., & Castro Gómez, L. (Diciembre de 2014). Consistencia en el diseño: predicción de la velocidad de operación en carreteras. *Ingeniería Solidaria*, X(17), 9. Recuperado el 23 de Octubre de 2019, de <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.803>
- Turpo Cayo, D. M. (2018). *ANALISIS DE VELOCIDAD DE DISEÑO Y OPERACIÓN EN LA CONSISTENCIA DEL DISEÑO GEOMETRICO SEGÚN DG-2018 EN CARRETERA PUNO – JULIACA, TRAMO KM 1349+000 – KM 1353+000*. Puno, Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano. Recuperado el 2 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9766>

ANEXOS

ESTUDIO DE TRÁNSITO

*GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A*

ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL DERECHO (ASCENDENTE)

DÍA	LUNES 11 DE OCTUBRE											ESTACIÓ N 20+000	TOTAL	INCIDENCI A
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
	HORA	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3			
06-07	21	33	31	12	-	6	2	-	-	3	-	108	9.05	
07-08	23	27	21	8	-	4	5	-	-	3	-	91	7.63	
08-09	19	36	33	-	1	5	-	-	-	1	-	95	7.96	
09-10	26	39	21	-	1	9	-	-	-	1	2	99	8.30	
10-11	43	28	25	2	-	5	-	-	-	1	2	106	8.89	
11-12	30	20	26	-	-	4	4	-	-	1	-	85	7.12	
12-13	24	12	30	5	-	4	5	1	-	5	-	86	7.21	
13-14	25	10	18	-	-	5	6	1	-	3	-	68	5.70	
14-15	27	22	25	2	-	5	4	-	1	3	-	89	7.46	
15-16	25	15	29	-	-	2	2	-	-	1	-	74	6.20	
16-17	24	35	25	5	-	5	2	-	-	-	-	96	8.05	
17-18	19	2	24	5	1	10	2	-	-	-	-	63	5.28	
18-19	26	11	20	2	-	4	-	-	-	-	-	63	5.28	
19-20	32	20	15	-	-	3	-	-	-	-	-	70	5.87	
TOTAL	364	310	343	41	3	71	32	2	1	22	4	1,193	100.00	
INCIDENCIA	30.51%	25.98%	28.75%	3.44%	0.25%	5.95%	2.68%	0.17%	0.08%	1.84%	0.34%	100.00%		

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL DERECHO (ASCENDENTE)**

DÍA	MARTES 12 DE OCTUBRE											ESTACIÓ N	20+000	INCIDENCI A
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER	TOTAL		
HORA	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	26	47	40	12	-	6	-	-	-	3	-	134	10.11	
07-08	27	42	23	3	-	2	2	-	-	3	-	102	7.70	
08-09	30	36	25	6	-	4	8	-	1	1	-	111	8.38	
09-10	25	32	22	4	1	12	-	-	-	-	-	96	7.25	
10-11	41	29	28	4	-	11	7	-	-	3	-	123	9.28	
11-12	39	20	25	2	-	6	4	-	-	2	-	98	7.40	
12-13	28	13	25	3	-	5	2	-	-	2	-	78	5.89	
13-14	19	14	33	-	-	3	3	-	-	1	-	73	5.51	
14-15	32	20	26	2	-	3	3	-	1	-	-	87	6.57	
15-16	42	20	39	-	-	-	4	-	-	2	1	108	8.15	
16-17	32	15	25	4	-	12	-	-	-	2	2	92	6.94	
17-18	37	12	25	4	-	5	-	-	-	1	-	84	6.34	
18-19	25	11	21	1	-	5	2	-	-	-	-	65	4.91	
19-20	27	16	27	1	-	3	-	-	-	-	-	74	5.58	
TOTAL	430	327	384	46	1	77	35	-	2	20	3	1,325	100.00	
INCIDENCIA	32.45%	24.68%	28.98%	3.47%	0.08%	5.81%	2.64%	0.00%	0.15%	1.51%	0.23%	100.00%		

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL DERECHO (ASCENDENTE)**

DÍA	MIÉRCOLES 13 DE OCTUBRE											ESTACIÓN N 20+000	TOTAL	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
	HORA	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3			
06-07	15	25	19	7	-	5	2	-	-	1	-	74	6.43	
07-08	20	55	25	4	-	5	7	-	-	4	-	120	10.43	
08-09	23	23	27	-	-	10	7	-	-	1	-	91	7.91	
09-10	22	25	23	1	1	3	-	-	-	-	2	77	6.70	
10-11	33	19	31	7	-	6	-	-	-	4	2	102	8.87	
11-12	28	11	39	10	-	4	-	-	-	-	-	92	8.00	
12-13	22	20	19	5	1	4	2	-	-	-	-	73	6.35	
13-14	27	18	21	-	-	3	2	-	-	-	-	71	6.17	
14-15	32	17	30	-	-	8	4	-	-	2	-	93	8.09	
15-16	20	13	34	-	-	7	6	-	2	-	-	82	7.13	
16-17	19	14	26	3	-	9	3	-	-	-	-	74	6.43	
17-18	25	22	17	2	-	3	3	-	-	3	-	75	6.52	
18-19	34	12	20	-	-	1	-	-	-	-	-	67	5.83	
19-20	28	7	16	1	-	5	2	-	-	-	-	59	5.13	
TOTAL	348	281	347	40	2	73	38	-	2	15	4	1,150	100.00	
INCIDENCIA	30.26%	24.43%	30.17%	3.48%	0.17%	6.35%	3.30%	0.00%	0.17%	1.30%	0.35%	100.00%		

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL DERECHO (ASCENDENTE)**

DÍA HORA	JUEVES 14 DE OCTUBRE											ESTACIÓN N 20+000	TOTAL	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	20	47	30	11	-	5	-	-	-	2	-	115	7.65	
07-08	25	45	27	4	2	4	4	-	-	4	-	115	7.65	
08-09	33	24	22	3	-	6	-	-	-	-	-	88	5.85	
09-10	35	25	35	4	-	3	4	-	-	3	2	111	7.38	
10-11	45	35	38	2	-	12	1	-	-	-	3	136	9.04	
11-12	58	44	35	4	-	8	2	-	-	2	1	154	10.24	
12-13	38	25	35	2	-	6	4	-	-	1	-	111	7.38	
13-14	35	27	22	2	-	9	3	-	-	2	-	100	6.65	
14-15	29	12	32	1	-	4	3	-	-	3	-	84	5.59	
15-16	22	22	44	1	1	15	-	-	-	1	-	106	7.05	
16-17	37	15	35	3	-	12	2	-	-	-	-	104	6.91	
17-18	34	16	44	2	-	7	2	-	-	-	-	105	6.98	
18-19	37	21	28	2	-	4	-	-	-	-	-	92	6.12	
19-20	25	19	29	1	-	7	1	-	-	1	-	83	5.52	
TOTAL	473	377	456	42	3	102	26	-	-	19	6	1,504	100.00	
INCIDENCIA	31.45%	25.07%	30.32%	2.79%	0.20%	6.78%	1.73%	0.00%	0.00%	1.26%	0.40%	100.00%		

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL DERECHO (ASCENDENTE)**

DÍA	VIERNES 15 DE OCTUBRE											ESTACIÓN N 20+000	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER		
HORA	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2		A
06-07	21	21	23	8	-	5	-	-	-	2	-	80	7.19
07-08	33	25	31	6	-	5	1	-	-	-	-	101	9.08
08-09	25	35	22	-	2	9	2	1	-	2	-	98	8.81
09-10	40	33	22	2	1	-	1	1	-	1	-	101	9.08
10-11	45	32	32	6	-	5	-	-	-	-	-	120	10.79
11-12	39	23	25	4	-	6	5	-	-	1	-	103	9.26
12-13	15	19	20	-	-	2	5	-	-	-	-	61	5.49
13-14	19	18	12	-	-	5	-	-	-	-	-	54	4.86
14-15	25	10	23	3	-	-	-	-	-	-	-	61	5.49
15-16	25	15	36	-	-	-	-	-	-	-	-	76	6.83
16-17	35	12	26	2	2	3	3	-	2	1	-	86	7.73
17-18	24	8	20	1	-	3	2	-	-	1	-	59	5.31
18-19	22	7	17	1	-	4	3	-	-	-	-	54	4.86
19-20	26	6	23	1	-	2	-	-	-	-	-	58	5.22
TOTAL	394	264	332	34	5	49	22	2	2	8	-	1,112	100.00
INCIDENCIA	35.43%	23.74%	29.86%	3.06%	0.45%	4.41%	1.98%	0.18%	0.18%	0.72%	0.00%	100.00%	

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL DERECHO (ASCENDENTE)**

DÍA	SÁBADO 16 DE OCTUBRE											ESTACIÓN N 20+000	TOTAL	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
HORA	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	15	14	25	2	-	1	-	-	-	-	-	-	57	4.12
07-08	28	21	22	5	1	-	-	-	-	-	-	-	77	5.56
08-09	40	28	23	-	1	6	-	-	-	2	2	-	102	7.37
09-10	35	35	21	-	-	4	-	-	-	1	1	-	97	7.01
10-11	65	48	27	5	-	4	-	-	-	-	-	-	149	10.77
11-12	72	52	25	5	-	6	-	-	-	3	-	-	163	11.78
12-13	70	29	32	1	-	-	-	1	-	-	-	-	133	9.61
13-14	60	32	28	2	-	3	-	-	-	-	-	-	125	9.03
14-15	45	32	19	1	-	5	1	-	-	-	-	-	103	7.44
15-16	40	27	15	2	-	2	2	-	-	-	-	-	88	6.36
16-17	33	22	28	-	1	6	-	-	-	-	-	-	90	6.50
17-18	29	25	25	1	1	-	-	-	-	-	-	-	81	5.85
18-19	24	28	24	2	-	-	-	-	-	-	-	-	78	5.64
19-20	15	10	12	1	-	3	-	-	-	-	-	-	41	2.96
TOTAL	571	403	326	27	4	40	3	1	-	6	3	-	1,384	100.00
INCIDENCIA	41.26%	29.12%	23.55%	1.95%	0.29%	2.89%	0.22%	0.07%	0.00%	0.43%	0.22%	-	100.00%	

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL DERECHO (ASCENDENTE)**

DÍA HORA	DOMINGOS 17 DE OCTUBRE											ESTACIÓN N 20+000	TOTAL	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	22	28	24	6	-	3	-	-	-	-	-	83	6.25	
07-08	18	29	26	3	1	5	-	-	-	-	-	82	6.18	
08-09	33	22	20	1	1	-	-	-	-	3	1	81	6.10	
09-10	31	21	25	1	-	10	1	-	-	-	2	91	6.86	
10-11	55	32	37	6	-	5	3	-	-	1	1	140	10.55	
11-12	59	38	35	9	-	3	3	-	-	1	1	149	11.23	
12-13	36	40	22	11	-	-	-	-	-	-	-	109	8.21	
13-14	30	42	26	1	-	-	3	-	-	1	-	103	7.76	
14-15	45	19	20	1	-	12	2	-	-	-	-	99	7.46	
15-16	30	19	23	3	-	9	1	-	-	-	-	85	6.41	
16-17	21	25	29	3	-	10	-	-	-	-	-	88	6.63	
17-18	27	19	17	-	-	12	-	-	-	-	-	75	5.65	
18-19	25	18	25	3	-	9	-	-	-	-	-	80	6.03	
19-20	22	10	26	1	-	3	-	-	-	-	-	62	4.67	
TOTAL	454	362	355	49	2	81	13	-	-	6	5	1,327	100.00	
INCIDENCIA	34.21%	27.28%	26.75%	3.69%	0.15%	6.10%	0.98%	0.00%	0.00%	0.45%	0.38%	100.00%		

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL IZQUIERDO (DESCENDENTE)**

DÍA	LUNES 11 DE OCTUBRE											ESTACIÓ N 20+000	TOTAL	INCIDENCI A
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
HORA	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	25	12	33	-	-	4	-	-	-	-	-	-	74	5.59
07-08	31	10	22	-	-	2	1	1	-	2	2	-	71	5.37
08-09	24	12	20	-	-	1	3	-	3	1	-	-	64	4.84
09-10	25	14	35	4	-	6	-	-	-	1	-	-	85	6.42
10-11	23	27	27	5	-	14	2	-	-	-	-	-	98	7.41
11-12	12	22	21	-	-	15	-	2	-	-	-	-	72	5.44
12-13	17	10	29	2	-	9	1	-	-	1	-	-	69	5.22
13-14	24	21	17	7	-	5	2	-	2	2	-	-	80	6.05
14-15	36	25	27	5	-	7	3	-	1	2	-	-	106	8.01
15-16	18	35	32	4	-	9	3	-	3	-	-	-	104	7.86
16-17	35	39	7	4	2	9	2	2	2	3	1	-	106	8.01
17-18	21	32	43	12	-	5	5	2	-	6	-	-	126	9.52
18-19	27	53	49	25	-	9	1	-	-	7	-	-	171	12.93
19-20	33	32	21	3	-	3	-	-	-	5	-	-	97	7.33
TOTAL	351	344	383	71	2	98	23	7	11	30	3	-	1,323	100.00
INCIDENCIA	26.53%	26.00%	28.95%	5.37%	0.15%	7.41%	1.74%	0.53%	0.83%	2.27%	0.23%	-	100.00%	

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL IZQUIERDO (DESCENDENTE)**

DÍA HORA	MARTES 12 DE OCTUBRE											ESTACIÓ N 20+000	INCIDENCI A	
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			TOTAL
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	21	10	38	-	-	-	-	-	-	-	-	69	4.87	
07-08	25	16	25	1	-	3	3	1	-	-	-	74	5.23	
08-09	23	17	33	3	-	5	1	1	-	3	-	86	6.07	
09-10	19	18	31	3	-	3	-	-	-	3	1	78	5.51	
10-11	15	21	25	-	-	20	3	-	-	1	-	85	6.00	
11-12	17	23	27	4	-	5	4	-	-	1	-	81	5.72	
12-13	33	22	18	-	-	7	1	-	-	1	-	82	5.79	
13-14	29	28	23	5	-	5	2	-	-	-	-	92	6.50	
14-15	25	29	38	6	-	12	-	1	-	3	-	114	8.05	
15-16	46	34	31	-	1	12	5	-	-	5	-	134	9.46	
16-17	32	39	27	-	-	-	2	-	-	3	-	103	7.27	
17-18	48	56	26	15	-	10	2	-	-	-	-	157	11.09	
18-19	27	45	45	25	-	8	1	-	-	6	-	157	11.09	
19-20	25	37	25	2	-	3	5	-	-	4	3	104	7.34	
TOTAL	385	395	412	64	1	93	29	3	-	30	4	1,416	100.00	
INCIDENCIA	27.19%	27.90%	29.10%	4.52%	0.07%	6.57%	2.05%	0.21%	0.00%	2.12%	0.28%	100.00%		

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL IZQUIERDO (DESCENDENTE)**

DÍA HORA	MIÉRCOLES 13 DE OCTUBRE											ESTACIÓN N 20+000	TOTAL	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	22	12	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	4.81
07-08	25	19	25	3	-	4	-	-	-	-	2	-	78	5.21
08-09	15	23	33	7	1	2	-	-	-	-	-	-	81	5.41
09-10	17	15	34	4	-	5	3	-	-	-	-	-	78	5.21
10-11	12	16	29	-	-	12	3	-	-	4	-	-	76	5.07
11-12	13	21	25	-	-	15	6	-	-	4	-	-	84	5.61
12-13	34	29	33	-	-	10	6	-	-	6	-	-	118	7.88
13-14	22	32	34	4	-	12	5	-	-	3	-	-	112	7.48
14-15	41	33	33	3	1	9	-	-	1	-	2	-	123	8.21
15-16	39	26	29	-	-	5	4	-	-	5	-	-	108	7.21
16-17	35	44	37	7	1	5	3	-	2	5	-	-	139	9.28
17-18	35	48	54	12	1	7	-	-	-	4	-	-	161	10.75
18-19	49	62	39	12	-	9	-	-	-	-	1	-	172	11.48
19-20	28	32	15	8	1	8	4	-	-	-	-	-	96	6.41
TOTAL	387	412	458	60	5	103	34	-	3	31	5	-	1,498	100.00
INCIDENCIA	25.83%	27.50%	30.57%	4.01%	0.33%	6.88%	2.27%	0.00%	0.20%	2.07%	0.33%	-	100.00%	

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL IZQUIERDO (DESCENDENTE)**

DÍA HORA	JUEVES 14 DE OCTUBRE											ESTACIÓ N 20+000	TOTAL	INCIDENCI A
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	33	15	34	-	-	5	1	-	-	-	-	88	4.77	
07-08	15	23	41	-	-	6	1	-	-	1	-	87	4.72	
08-09	38	21	29	1	-	3	1	1	-	1	1	96	5.21	
09-10	27	25	37	-	-	3	-	-	-	-	-	92	4.99	
10-11	26	18	22	-	-	13	-	-	-	-	-	79	4.29	
11-12	25	23	28	-	1	10	1	-	-	2	-	90	4.88	
12-13	37	39	21	-	1	4	-	-	-	2	-	104	5.64	
13-14	55	34	32	6	1	12	4	-	-	1	-	145	7.87	
14-15	41	55	56	12	-	6	5	-	-	-	-	175	9.50	
15-16	67	59	71	16	1	12	6	-	-	3	-	235	12.75	
16-17	51	51	31	4	1	15	7	-	-	2	1	163	8.84	
17-18	57	49	48	6	-	8	5	-	1	12	-	186	10.09	
18-19	55	71	32	3	-	5	4	-	-	10	1	181	9.82	
19-20	39	31	35	6	-	11	-	-	-	-	-	122	6.62	
TOTAL	566	514	517	54	5	113	35	1	1	34	3	1,843	100.00	
INCIDENCIA	30.71%	27.89%	28.05%	2.93%	0.27%	6.13%	1.90%	0.05%	0.05%	1.84%	0.16%	100.00%		

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL IZQUIERDO (DESCENDENTE)**

DÍA HORA	VIERNES 15 DE OCTUBRE											ESTACIÓ N 20+000	INCIDENCI A	
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			TOTAL
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	29	10	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	5.44
07-08	31	12	37	1	1	4	2	-	-	1	-	-	89	6.73
08-09	35	27	26	4	1	3	1	-	1	1	-	-	99	7.48
09-10	24	28	21	3	-	6	2	-	-	-	-	-	84	6.35
10-11	16	24	21	2	-	15	-	-	-	-	-	-	78	5.90
11-12	15	24	19	-	-	8	-	-	-	-	-	-	66	4.99
12-13	31	29	31	1	-	6	-	-	-	2	-	-	100	7.56
13-14	29	17	33	5	-	3	1	-	-	-	-	-	88	6.65
14-15	34	19	34	-	-	12	3	-	-	-	-	-	102	7.71
15-16	21	31	21	6	-	3	2	-	-	2	-	-	86	6.50
16-17	45	33	27	4	1	4	1	1	-	1	1	1	118	8.92
17-18	37	43	33	4	-	2	1	-	1	3	1	1	125	9.45
18-19	55	34	20	-	-	6	-	-	-	4	2	2	121	9.15
19-20	37	27	29	-	-	-	-	-	-	2	-	-	95	7.18
TOTAL	439	358	385	30	3	72	13	1	2	16	4	4	1,323	100.00
INCIDENCIA	33.18%	27.06%	29.10%	2.27%	0.23%	5.44%	0.98%	0.08%	0.15%	1.21%	0.30%	0.30%	100.00%	

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL IZQUIERDO (DESCENDENTE)**

DÍA HORA	SÁBADO 16 DE OCTUBRE											ESTACIÓN N 20+000	TOTAL	INCIDENCIA
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER			
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2			
06-07	17	6	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35	2.48
07-08	21	10	24	1	-	5	-	-	-	-	-	-	61	4.32
08-09	18	17	22	1	-	2	1	-	1	1	1	1	64	4.54
09-10	23	13	27	2	-	6	-	-	-	2	-	-	73	5.17
10-11	15	15	18	-	1	12	-	-	-	-	-	-	61	4.32
11-12	26	19	23	1	-	8	-	-	-	-	-	-	77	5.46
12-13	21	17	24	1	-	4	-	-	-	-	-	-	67	4.75
13-14	46	18	25	3	1	7	-	-	2	-	-	-	102	7.23
14-15	53	39	29	2	-	6	2	-	1	-	-	-	132	9.36
15-16	67	47	33	4	2	2	-	-	-	-	-	-	155	10.99
16-17	66	42	31	6	-	3	2	-	-	-	-	-	150	10.63
17-18	81	59	41	2	-	17	3	-	-	2	1	1	206	14.60
18-19	48	35	39	-	-	9	-	-	-	3	-	-	134	9.50
19-20	39	31	23	-	-	-	-	-	-	-	1	1	94	6.66
TOTAL	541	368	371	23	4	81	8	-	4	8	3	3	1,411	100.00
INCIDENCIA	38.34%	26.08%	26.29%	1.63%	0.28%	5.74%	0.57%	0.00%	0.28%	0.57%	0.21%	0.21%	100.00%	

**GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA
CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A
ESTUDIO DE TRÁFICO POR DÍA - CARRIL IZQUIERDO (DESCENDENTE)**

DÍA HORA	DOMINGOS 17 DE OCTUBRE											ESTACIÓ N 20+000	INCIDENCI A
	VEHICULOS LIGEROS (VL)			BUS		CAMION		SEMI TRAYLER			TRAYLER		
	AUTO	PICKUP	COMBI	B2	B3-1	C2	C3	T2S1	T2S2	T3S3	C2R2		
06-07	22	23	32	-	-	12	-	-	-	-	-	89	6.33
07-08	37	26	34	3	-	3	-	-	-	-	-	103	7.33
08-09	31	18	33	12	1	3	-	-	1	-	-	99	7.05
09-10	28	17	35	3	-	8	1	-	1	-	1	94	6.69
10-11	22	20	29	5	-	14	1	-	1	-	-	92	6.55
11-12	27	18	31	-	-	8	3	-	1	1	-	89	6.33
12-13	21	19	17	-	-	3	2	-	-	1	-	63	4.48
13-14	37	18	23	6	1	-	1	-	-	-	-	86	6.12
14-15	24	45	29	10	1	4	3	-	-	-	-	116	8.26
15-16	39	35	22	5	-	3	-	-	-	-	-	104	7.40
16-17	45	39	35	1	-	3	-	-	-	-	-	123	8.75
17-18	42	42	31	2	-	2	2	-	-	1	1	123	8.75
18-19	41	47	29	4	1	6	-	-	-	-	2	130	9.25
19-20	34	31	21	3	-	3	-	-	1	1	-	94	6.69
TOTAL	450	398	401	54	4	72	13	-	5	4	4	1,405	100.00
INCIDENCIA	32.03%	28.33%	28.54%	3.84%	0.28%	5.12%	0.93%	0.00%	0.36%	0.28%	0.28%	100.00%	

VELOCIDADES DE OPERACIÓN PARA CADA ELEMENTO - SENTIDO DE DESCENDENTE

T1 (DESCENDENTE)				C1 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	20	14	35	1	53	14	45
2	28	15	36	2	51	15	55
3	29	16	36	3	49	16	56
4	30	17	36	4	51	17	40
5	31	18	37	5	28	18	53
6	32	19	37	6	40	19	46
7	33	20	38	7	44	20	45
8	33	21	40	8	39	21	46
9	33	22	41	9	34	22	45
10	33	23	41	10	37	23	65
11	33	24	43	11	50	24	43
12	34	25	44	12	51	25	55
13	35	26	46	13	63		

T2 (DESCENDENTE)				C2 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	57	14	52	1	51	14	51
2	49	15	55	2	51	15	52
3	55	16	54	3	55	16	48
4	53	17	55	4	48	17	50
5	60	18	65	5	48	18	55
6	62	19	45	6	60	19	42
7	42	20	60	7	44	20	56
8	66			8	52		
9	50			9	42		
10	55			10	52		
11	60			11	48		
12	56			12	52		
13	55			13	48		

T3 (DESCENDENTE)				C3 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	58	14	68	1	58	14	68
2	65	15	51	2	65	15	51
3	52	16	62	3	52	16	59
4	48	17	57	4	48	17	57
5	65	18	65	5	65	18	58
6	69	19	56	6	69	19	46
7	61	20	68	7	61	20	66
8	50	21	60	8	50	21	52
9	70	22	57	9	70	22	55
10	63	23	70	10	63	23	68
11	53	24	65	11	53	24	69
12	48			12	48		
13	45			13	45		

T4 (DESCENDENTE)				C4 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	50	14	54	1	51	14	51
2	55	15	61	2	51	15	52
3	57	16	55	3	55	16	48
4	57	17	58	4	48	17	50
5	56	18	63	5	48	18	55
6	55	19	54	6	60	19	42
7	60	20	61	7	44	20	56
8	61			8	52		
9	57			9	42		
10	62			10	52		
11	68			11	48		
12	63			12	52		
13	59			13	48		

T5 (DESCENDENTE)				C5 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	58	14	68	1	52	14	54
2	53	15	71	2	48	15	51
3	55	16	61	3	50	16	51
4	50	17	66	4	42	17	56
5	50	18	62	5	46	18	48
6	52	19	64	6	45	19	52
7	71	20	63	7	48	20	58
8	64	21	66	8	52	21	56
9	67	22	67	9	49	22	60
10	63	23	65	10	47	23	54
11	67			11	54		
12	66			12	51		
13	70			13	53		

T6 (DESCENDENTE)				C6 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	54	14	64	1	56	14	62
2	56	15	58	2	55	15	55
3	52	16	52	3	51	16	46
4	48	17	56	4	52	17	55
5	48	18	49	5	51	18	47
6	50	19	60	6	48	19	61
7	51	20	62	7	54	20	58
8	61	21	54	8	60	21	53
9	64	22	68	9	64	22	63
10	51	23	55	10	49	23	52
11	58			11	56		
12	62			12	59		
13	58			13	54		

T7 (DESCENDENTE)				C7 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	55	27	89	1	48	15	60
2	73	15	86	2	49	16	50
3	85	16	58	3	60	17	56
4	80	17	68	4	57	18	53
5	54	18	55	5	43	19	55
6	63	19	61	6	53	20	60
7	61	20	76	7	46	21	53
8	61	21	67	8	52	22	54
9	69	22	65	9	50	23	63
10	68	23	84	10	48	24	62
11	63	24	70	11	52	25	69
12	59	25	80	12	51	26	58
13	60	26	60	13	20	27	66
14	50			14	45		

T8 (DESCENDENTE)				C8 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	55	14	52	1	56	15	43
2	57	15	56	2	44	16	51
3	51	16	59	3	47	17	43
4	54	17	54	4	56	18	45
5	63	18	59	5	52	19	45
6	56	19	49	6	52	20	46
7	55	20	57	7	50	21	52
8	55	21	65	8	47	22	45
9	58	22	52	9	48	23	57
10	50			10	53	24	45
11	60			11	45	25	48
12	57			12	47	26	55
13	53			13	42	27	44
				14	50		

T9 (DESCENDENTE)				C9 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	64	16	66	1	54	14	56
2	51	17	66	2	46	15	60
3	68	18	52	3	63	16	50
4	62	19	72	4	45	17	61
5	53	20	54	5	50	18	60
6	63	21	68	6	53	19	54
7	69	22	52	7	59	20	54
8	64	23	64	8	48	21	50
9	60	24	63	9	58	22	59
10	69	25	54	10	52		
11	59	26	61	11	59		
12	63	27	59	12	55		
13	68	28	73	13	60		
14	62	29	72				
15	60	30	60				

T10 (DESCENDENTE)				C10 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	48	14	54	1	40	14	42
2	60	15	60	2	46	15	38
3	60	16	55	3	55	16	36
4	57	17	70	4	42	17	45
5	50	18	53	5	43	18	44
6	44	19	61	6	40	19	41
7	57	20	65	7	38	20	44
8	63	21	54	8	42	21	42
9	55			9	43		
10	56			10	41		
11	59			11	47		
12	58			12	46		
13	52			13	47		

T11 (DESCENDENTE)				C11 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	47	14	36	1	62	14	55
2	46	15	41	2	67	15	53
3	49	16	36	3	65	16	54
4	42	17	37	4	64	17	67
5	34	18	34	5	65	18	54
6	40	19	33	6	72	19	74
7	42	20	35	7	80	20	62
8	46	21	37	8	67	21	72
9	44	22	33	9	56	22	73
10	36	23	30	10	63	23	61
11	32	24	41	11	71	24	62
12	40			12	69		
13	34			13	59		

T12 (DESCENDENTE)				C2 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	62	14	83	1	64	14	75
2	62	15	67	2	58	15	70
3	80	16	80	3	90	16	72
4	90	17	80	4	86	17	74
5	75	18	81	5	70	18	80
6	101	19	87	6	96	19	79
7	80	20	75	7	71	20	78
8	60	21	78	8	67	21	68
9	74	22	75	9	70	22	68
10	70	23	80	10	71	23	78
11	66	24	78	11	61	24	81
12	58			12	64		
13	83			13	78		

T13 (DESCENDENTE)				C13 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	62	14	76	1	55	14	62
2	72	15	74	2	67	15	56
3	80	16	76	3	75	16	62
4	69	17	80	4	63	17	69
5	69	18	93	5	69	18	50
6	62	19	77	6	68	19	62
7	85	20	73	7	60	20	66
8	70	21	105	8	69	21	63
9	75	22	90	9	75	22	63
10	66	23	87	10	72	23	84
11	70			11	67	24	55
12	78			12	73		
13	75			13	58		

T14 (DESCENDENTE)				C14 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	57	14	55	1	56	14	52
2	75	15	67	2	58	15	65
3	74	16	65	3	58	16	51
4	65	17	76	4	54	17	55
5	66	18	55	5	47	18	50
6	65	19	66	6	67	19	68
7	59	20	70	7	52	20	60
8	68	21	59	8	62	21	64
9	75	22	68	9	50		
10	71	23	80	10	65		
11	62	24	59	11	69		
12	75			12	51		
13	65			13	61		

T15 (DESCENDENTE)				C15 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	64	14	53	1	63	14	53
2	64	15	68	2	67	15	75
3	56	16	65	3	55	16	66
4	73	17	67	4	72	17	64
5	54	18	81	5	56	18	79
6	70	19	79	6	71	19	75
7	65	20	44	7	69	20	48
8	68	21	97	8	64	21	58
9	54	22	59	9	60	22	67
10	72	23	54	10	67	23	59
11	70			11	62		
12	75			12	71		
13	57			13	55		

T16 (DESCENDENTE)				C16 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	61	14	54	1	58	14	52
2	67	15	53	2	66	15	51
3	58	16	56	3	54	16	53
4	72	17	54	4	55	17	52
5	52	18	48	5	54	18	47
6	58	19	64	6	57	19	62
7	68	20	47	7	65	20	46
8	57	21	58	8	53	21	56
9	56	22	54	9	54	22	48
10	45	23	63	10	44	23	60
11	50	24	65	11	49	24	62
12	54			12	51		
13	53			13	52		

T17 (DESCENDENTE)				C17 (DESCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	82	14	71	1	42	14	57
2	60	15	70	2	42	15	53
3	83	16	68	3	56	16	59
4	63	17	71	4	61	17	58
5	53	18	70	5	60	18	65
6	83	19	68	6	60	19	55
7	68	20	68	7	67	20	53
8	78	21	65	8	65	21	60
9	82	22	71	9	49	22	70
10	95			10	57	23	58
11	78			11	54		
12	68			12	57		
13	85			13	55		

VELOCIDADES DE OPERACIÓN PARA CADA ELEMENTO - SENTIDO DE ASCENDENTE

T1 (ASCENDENTE)				C1 ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	40	14	31	1	34	14	37
2	38	15	30	2	37	15	35
3	32	16	34	3	35	16	30
4	28	17	31	4	30	17	33
5	38	18	33	5	31	18	40
6	30	19	30	6	29	19	31
7	28	20	35	7	30	20	25
8	20	21	30	8	30	21	33
9	30	22	28	9	33	22	28
10	37	23	40	10	41	23	35
11	33	24	36	11	35	24	39
12	37	25	32	12	35	25	31
13	30			13	30		

T2 (ASCENDENTE)				C2 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	44	14	44	1	40	14	34
2	42	15	45	2	45	15	44
3	47	16	48	3	50	16	45
4	50	17	40	4	53	17	41
5	50	18	55	5	47	18	50
6	60	19	70	6	56	19	50
7	55	20	58	7	52	20	43
8	66	21	48	8	41	21	36
9	45	22	55	9	41	22	56
10	43	23	53	10	38	23	53
11	48	24	50	11	43	24	47
12	45			12	47		
13	55			13	45		

T3 (ASCENDENTE)				C3 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	50	14	47	1	48	14	45
2	55	15	48	2	46	15	45
3	50	16	41	3	50	16	38
4	46	17	56	4	46	17	58
5	45	18	55	5	38	18	54
6	60	19	54	6	60	19	55
7	62	20	50	7	57	20	48
8	45	21	52	8	46	21	50
9	66	22	51	9	62	22	51
10	45			10	42		
11	45			11	50		
12	60			12	54		
13	65			13	60		

T4 (ASCENDENTE)				C4 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	52	14	55	1	50	14	46
2	53	15	54	2	50	15	45
3	60	16	59	3	55	16	46
4	54	17	53	4	53	17	56
5	66	18	60	5	63	18	55
6	48	19	68	6	45	19	54
7	62	20	64	7	60	20	53
8	53	21	53	8	55		
9	61	22	56	9	56		
10	70			10	44		
11	66			11	58		
12	63			12	52		
13	56			13	47		

T5 (ASCENDENTE)				C5 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	60	14	71	1	57	14	69
2	60	15	60	2	53	15	64
3	42	16	62	3	40	16	56
4	56	17	52	4	47	17	46
5	55	18	80	5	48	18	72
6	53	19	60	6	47	19	55
7	48	20	64	7	48	20	62
8	70			8	62		
9	49			9	47		
10	52			10	47		
11	45			11	45		
12	73			12	70		
13	75			13	72		

T6 (ASCENDENTE)				C6 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	55	14	62	1	54	14	63
2	52	15	52	2	48	15	52
3	45	16	52	3	42	16	48
4	40	17	48	4	42	17	49
5	46	18	63	5	44	18	65
6	47	19	52	6	45	19	52
7	44	20	59	7	44	20	50
8	54			8	57		
9	46			9	42		
10	47			10	49		
11	43			11	43		
12	65			12	66		
13	66			13	64		

T7 (ASCENDENTE)				C7 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	55	14	60	1	48	14	51
2	67	15	82	2	62	15	62
3	60	16	60	3	53	16	56
4	52	17	76	4	48	17	86
5	73	18	69	5	58	18	67
6	61	19	62	6	57	19	56
7	61	20	66	7	59	20	62
8	63	21	71	8	53	21	63
9	57			9	48		
10	60			10	55		
11	58			11	50		
12	56			12	43		
13	53			13	42		

T8 (ASCENDENTE)				C8 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	73	14	48	1	63	14	41
2	60	15	54	2	55	15	46
3	60	16	50	3	53	16	48
4	50	17	61	4	47	17	57
5	47	18	61	5	49	18	57
6	61	19	61	6	53	19	59
7	53	20	51	7	47	20	49
8	66			8	53		
9	73			9	68		
10	60			10	54		
11	66			11	59		
12	57			12	56		
13	60			13	48		

T9 (ASCENDENTE)				C9 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	67	14	63	1	58	14	61
2	56	15	53	2	67	15	58
3	67	16	54	3	51	16	56
4	63	17	53	4	52	17	97
5	52	18	55	5	67	18	55
6	54	19	60	6	65	19	50
7	60	20	68	7	60	20	55
8	60	21	63	8	58	21	43
9	54	22	52	9	48	22	66
10	64			10	56		
11	65			11	61		
12	62			12	56		
13	60			13	63		

T10 (ASCENDENTE)				C10 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	57	14	56	1	25	14	24
2	60	15	57	2	28	15	22
3	65	16	58	3	30	16	22
4	60	17	60	4	39	17	24
5	50	18	52	5	38	18	32
6	55	19	50	6	43	19	30
7	50	20	60	7	32	20	24
8	67	21	55	8	50	21	23
9	58			9	25		
10	80			10	36		
11	58			11	24		
12	59			12	28		
13	57			13	26		

T11 (ASCENDENTE)				C11 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	38	14	47	1	55	14	49
2	31	15	45	2	42	15	47
3	51	16	40	3	78	16	45
4	40	17	37	4	62	17	46
5	41	18	43	5	48	18	52
6	41	19	45	6	50	19	58
7	49	20	39	7	53	20	44
8	30			8	55		
9	35			9	43		
10	43			10	46		
11	37			11	44		
12	46			12	57		
13	40			13	61		

T12 (ASCENDENTE)				C12 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	61	14	75	1	61	14	72
2	63	15	84	2	60	15	84
3	54	16	67	3	57	16	63
4	60	17	83	4	64	17	76
5	62	18	72	5	53	18	83
6	70	19	70	6	54	19	75
7	81	20	64	7	83	20	70
8	67	21	63	8	73	21	54
9	74			9	80		
10	68			10	75		
11	65			11	73		
12	70			12	77		
13	71			13	70		

T13 (ASCENDENTE)				C13 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	74	14	85	1	62	14	71
2	84	15	67	2	69	15	57
3	66	16	80	3	74	16	56
4	55	17	97	4	67	17	62
5	70	18	66	5	63	18	75
6	74	19	52	6	74	19	57
7	77	20	85	7	76	20	56
8	85	21	73	8	62	21	65
9	68	22	65	9	53	22	76
10	72			10	84		
11	76			11	56		
12	83			12	72		
13	72			13	74		

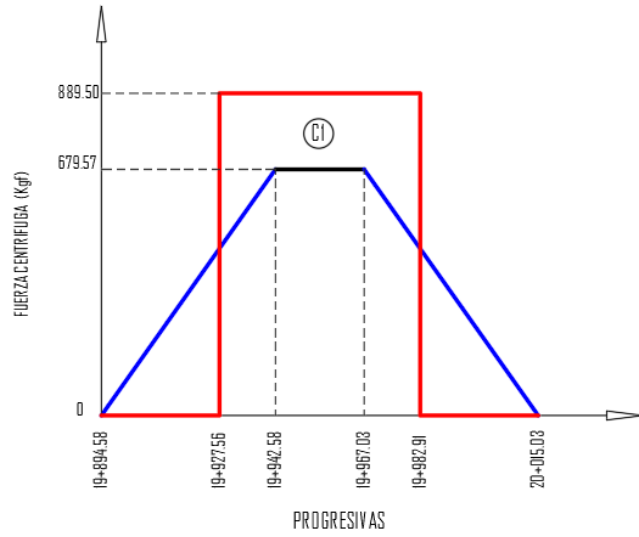
T14 (ASCENDENTE)				C14 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	61	14	68	1	75	14	56
2	67	15	56	2	68	15	57
3	75	16	55	3	62	16	54
4	61	17	58	4	59	17	50
5	56	18	76	5	61	18	55
6	72	19	56	6	60	19	58
7	79	20	50	7	67	20	58
8	62	21	66	8	61	21	57
9	50	22	49	9	70	22	50
10	82	23	65	10	54	23	63
11	55			11	59		
12	69			12	66		
13	72			13	73		

T15 (ASCENDENTE)				C15 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	78	14	56	1	84	14	54
2	65	15	62	2	73	15	65
3	67	16	59	3	69	16	62
4	60	17	45	4	61	17	44
5	52	18	72	5	52	18	75
6	71	19	69	6	78	19	72
7	69	20	79	7	74	20	77
8	65	21	60	8	66	21	69
9	75	22	53	9	81	22	56
10	59	23	52	10	70	23	50
11	58	24	65	11	56	24	72
12	79			12	84		
13	75			13	76		

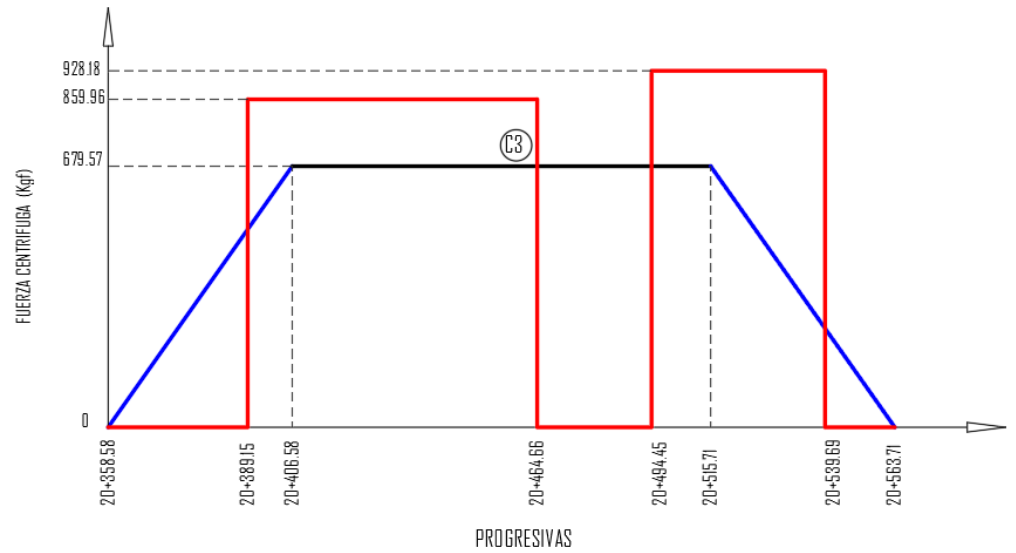
T16 (ASCENDENTE)				C16 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	66	14	74	1	45	14	60
2	70	15	66	2	58	15	61
3	65	16	76	3	57	16	67
4	56	17	54	4	49	17	49
5	75	18	49	5	61	18	46
6	79	19	65	6	69	19	60
7	61	20	75	7	55	20	59
8	53	21	78	8	44	21	52
9	70			9	58		
10	65			10	53		
11	63			11	47		
12	66			12	48		
13	64			13	54		

T17 (ASCENDENTE)				C17 (ASCENDENTE)			
MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD	MUESTRA	VELOCIDAD
1	76	14	63	1	63	14	53
2	63	15	74	2	56	15	63
3	62	16	70	3	65	16	62
4	55	17	68	4	47	17	51
5	66	18	75	5	44	18	46
6	64	19	65	6	55	19	47
7	73	20	60	7	47	20	54
8	77	21	71	8	47	21	49
9	70	22	73	9	60	22	51
10	82			10	52		
11	80			11	44		
12	74			12	42		
13	65			13	56		

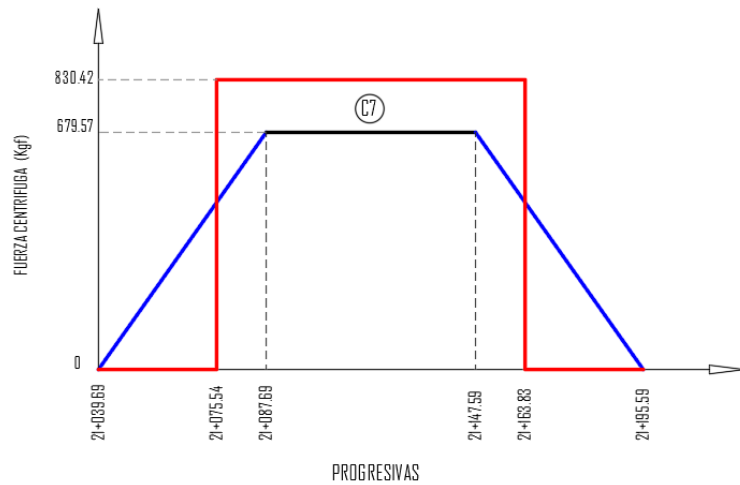
COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS ENTRE LAS EXISTENTES CON EL REDISEÑO



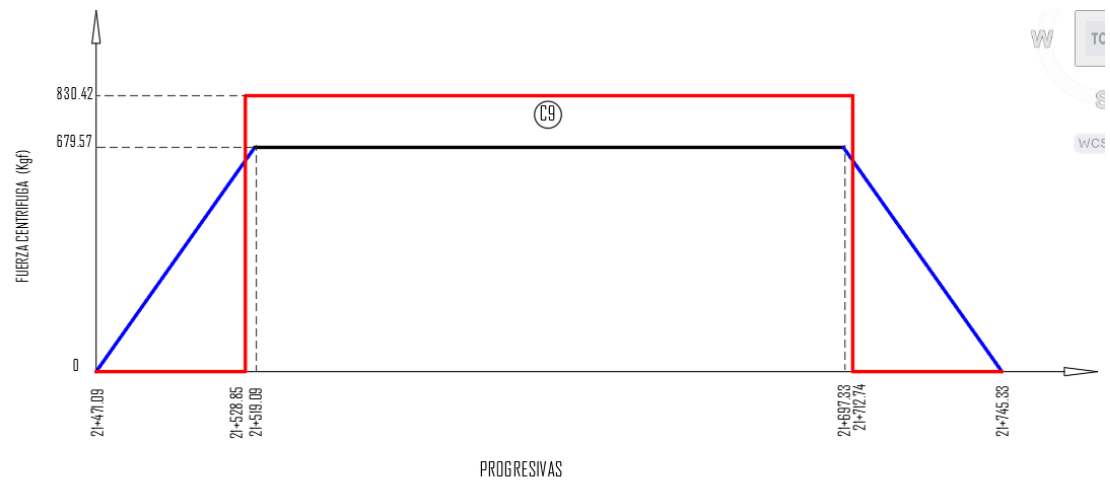
COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-1



COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE CURVA C-3 Y C-4

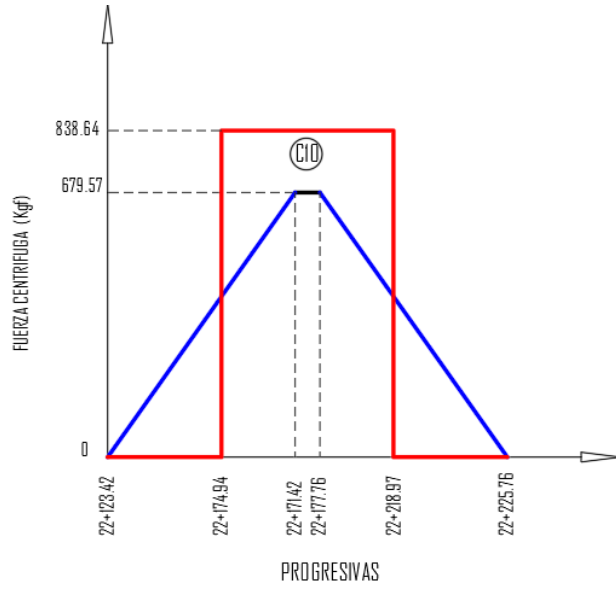


COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-7

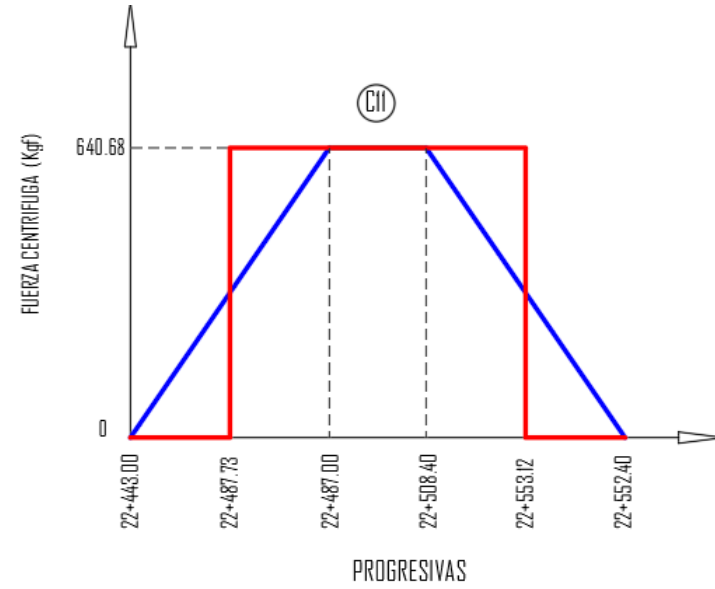


COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-9

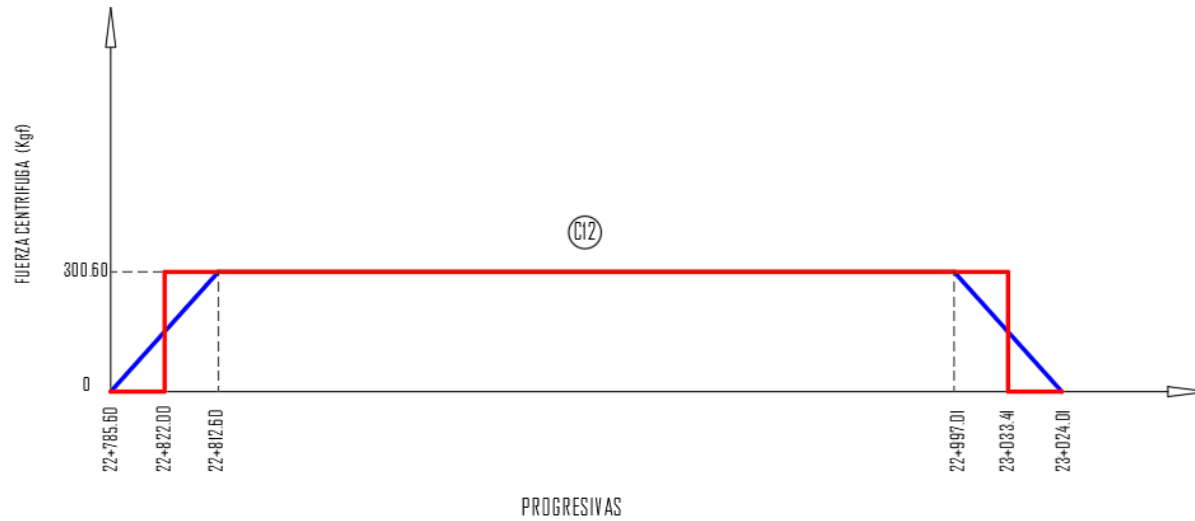




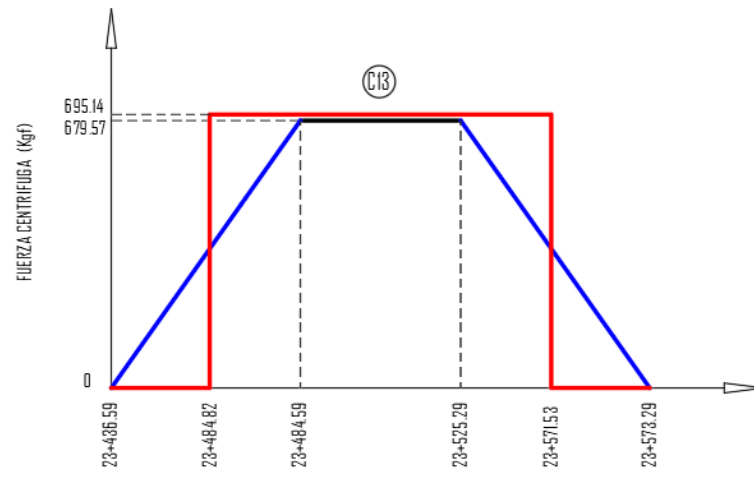
COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-I0



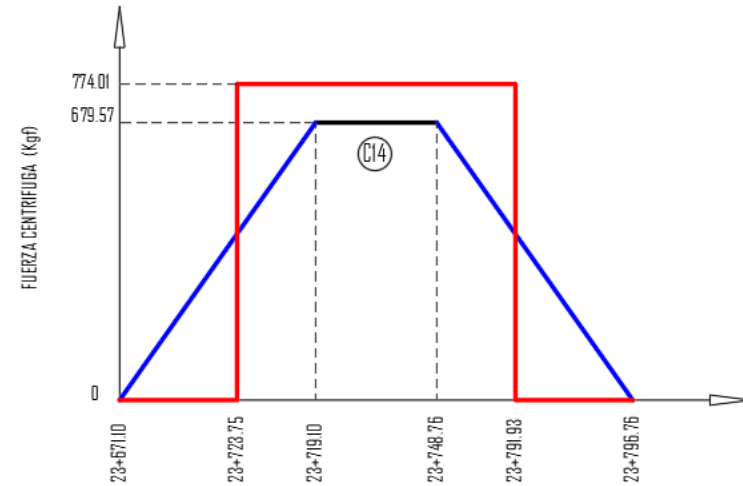
COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-II



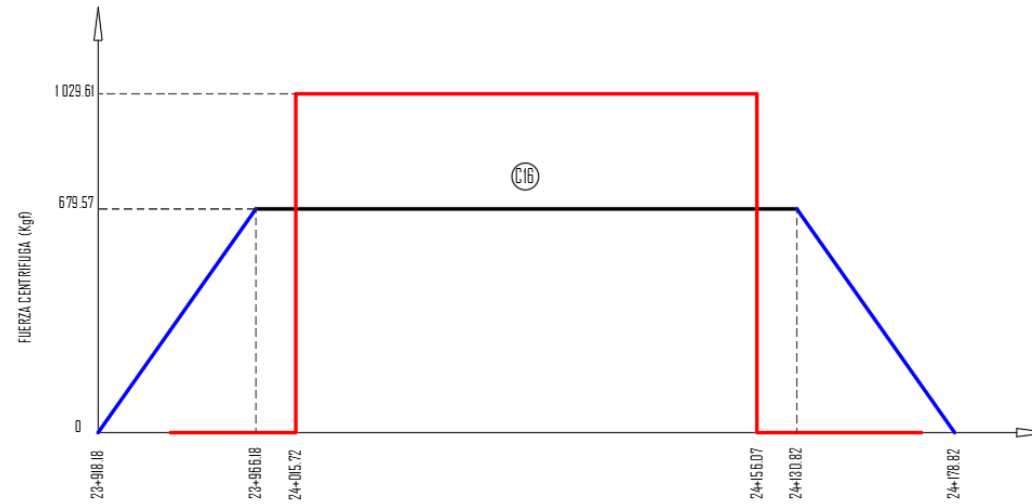
COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-I2



PROGRESIVAS
COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-13

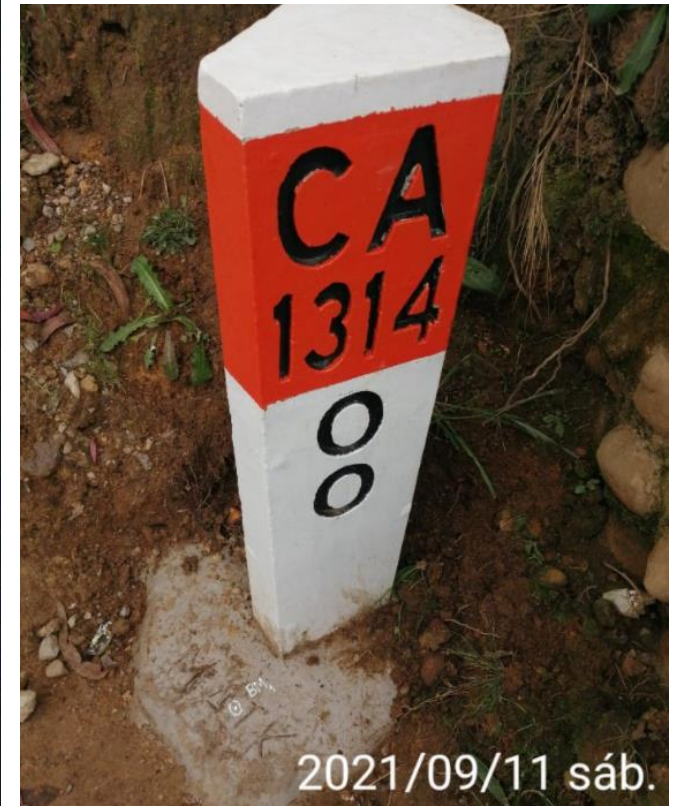


PROGRESIVAS
COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-14

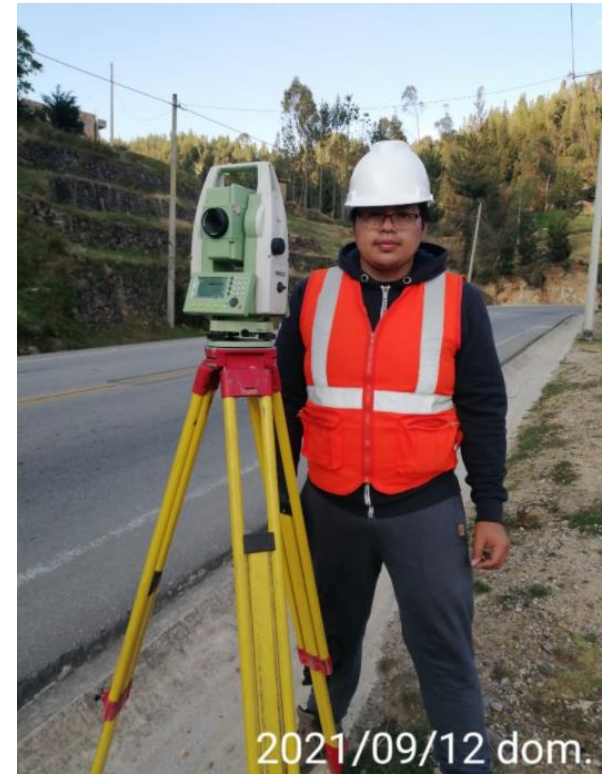


PROGRESIVAS
COMPARACIÓN DE FUERZAS CENTRIPETAS DE LA CURVA C-16

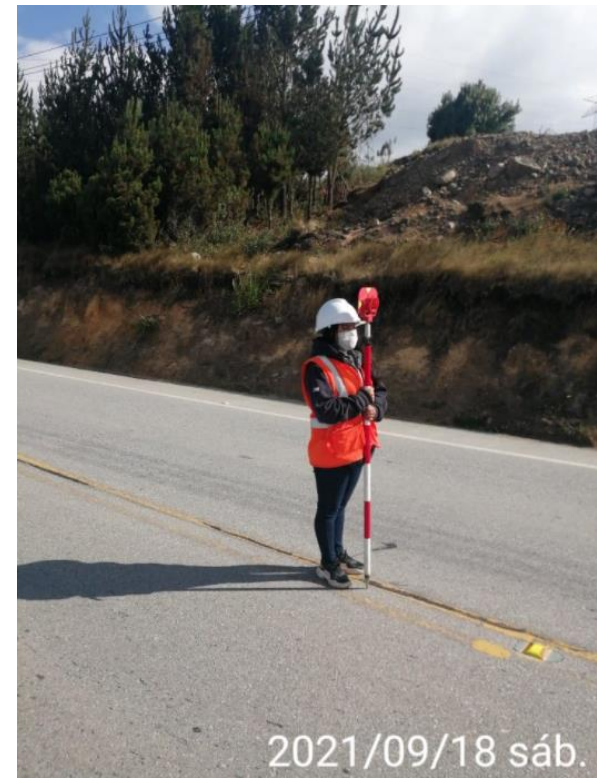
FOTOGRAFÍAS



Levantamiento topográfico



Levantamiento topográfico



Levantamiento topográfico



Levantamiento topográfico



Conteo vehicular – Toma de velocidades de operación



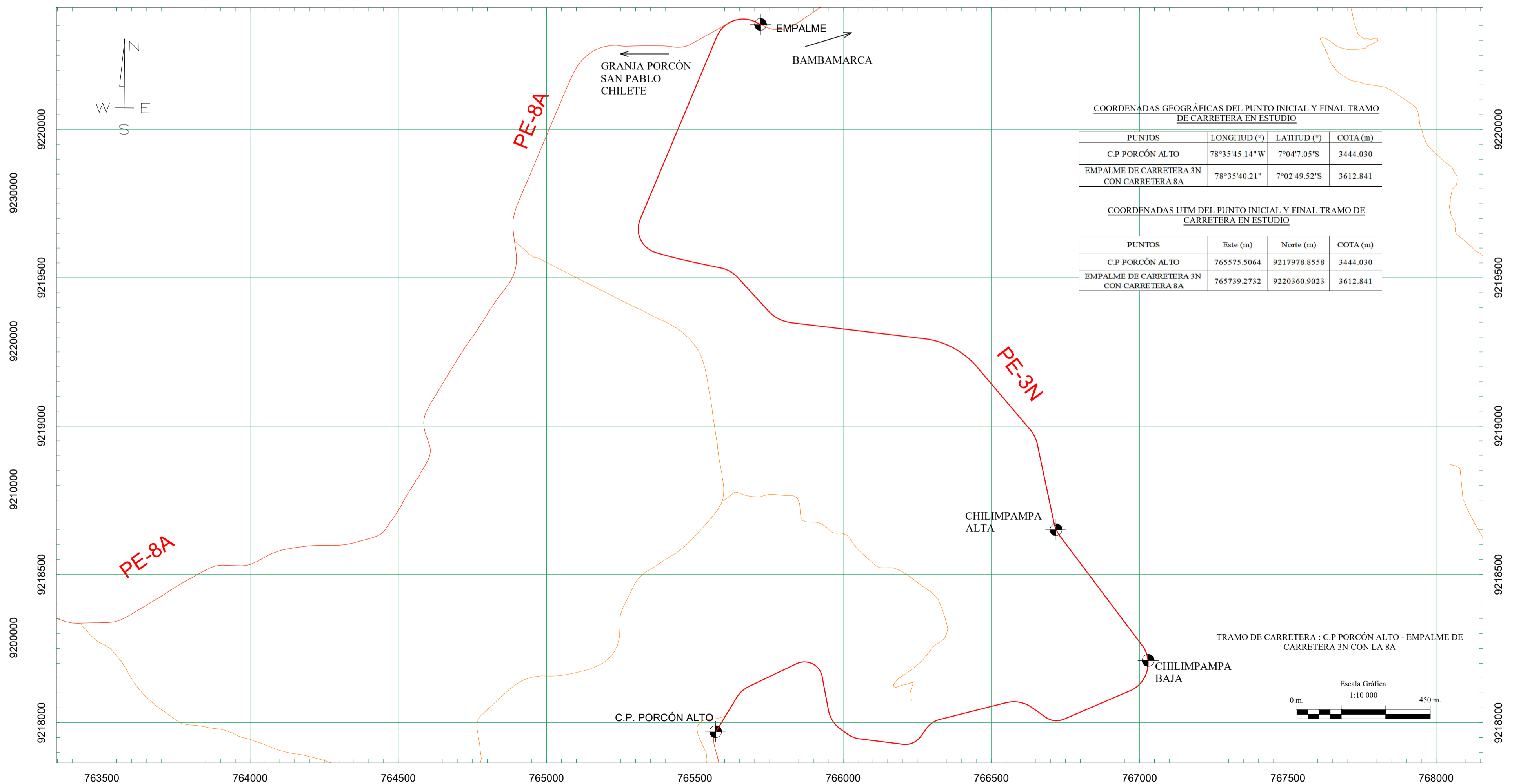
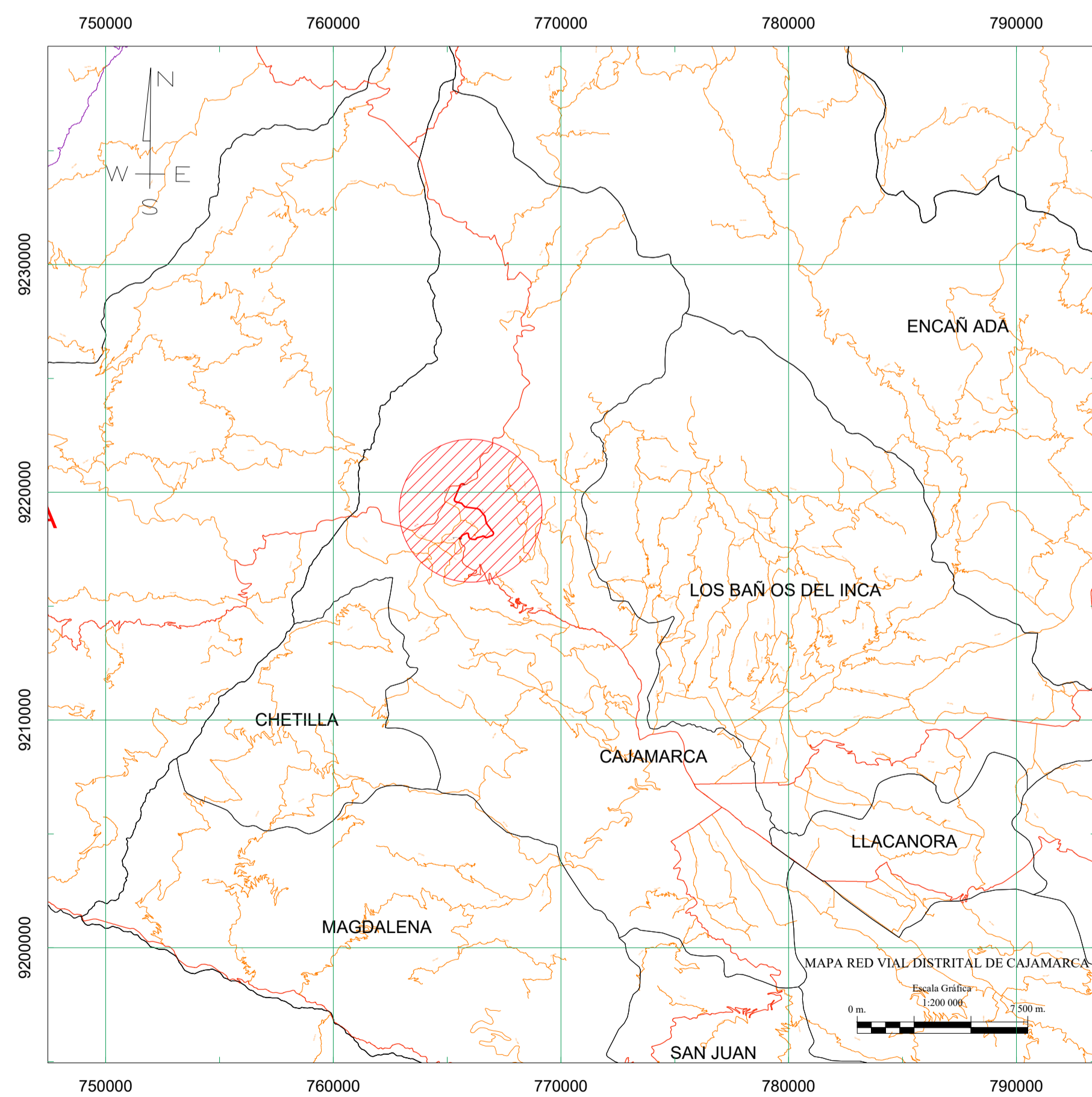
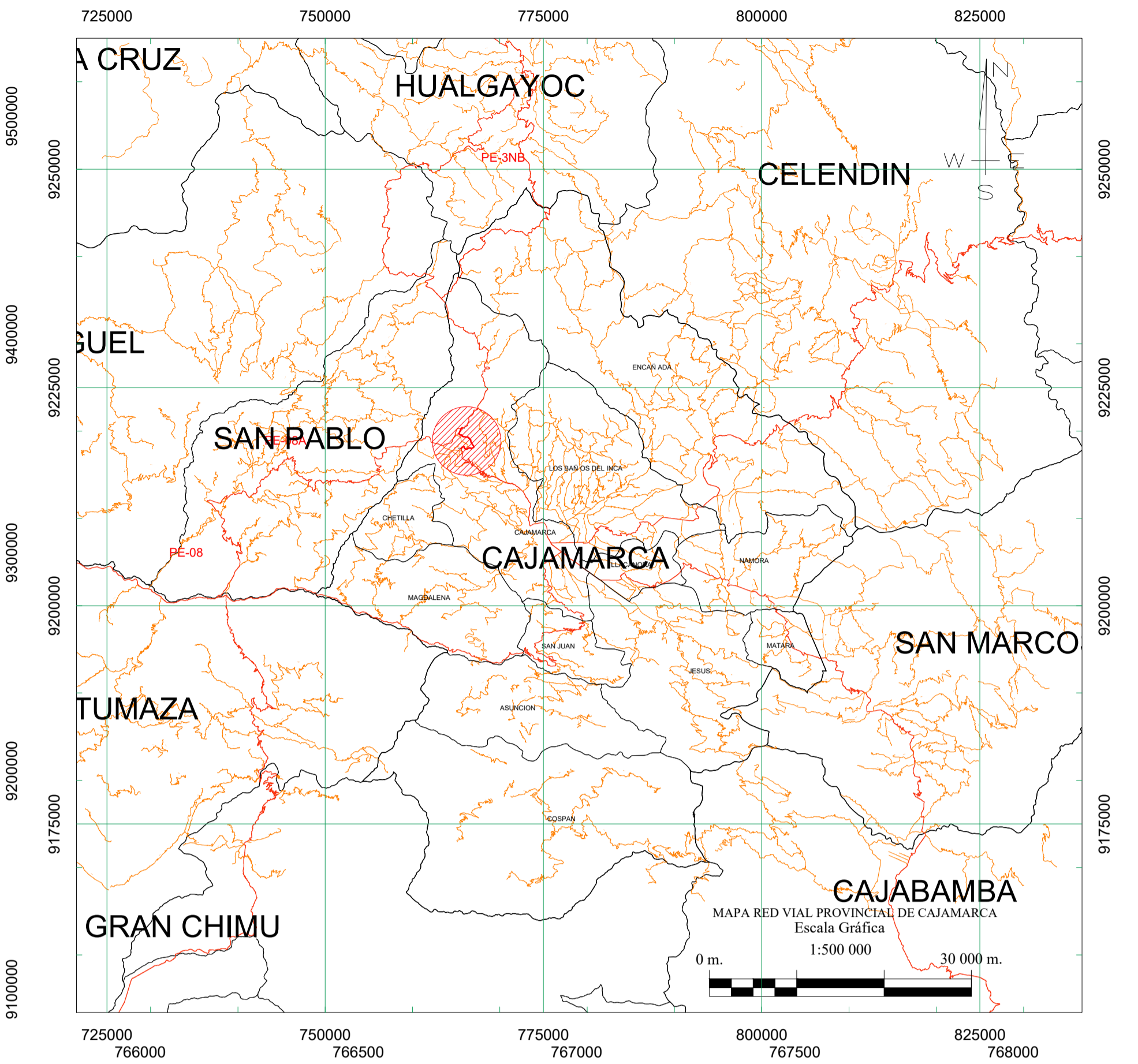
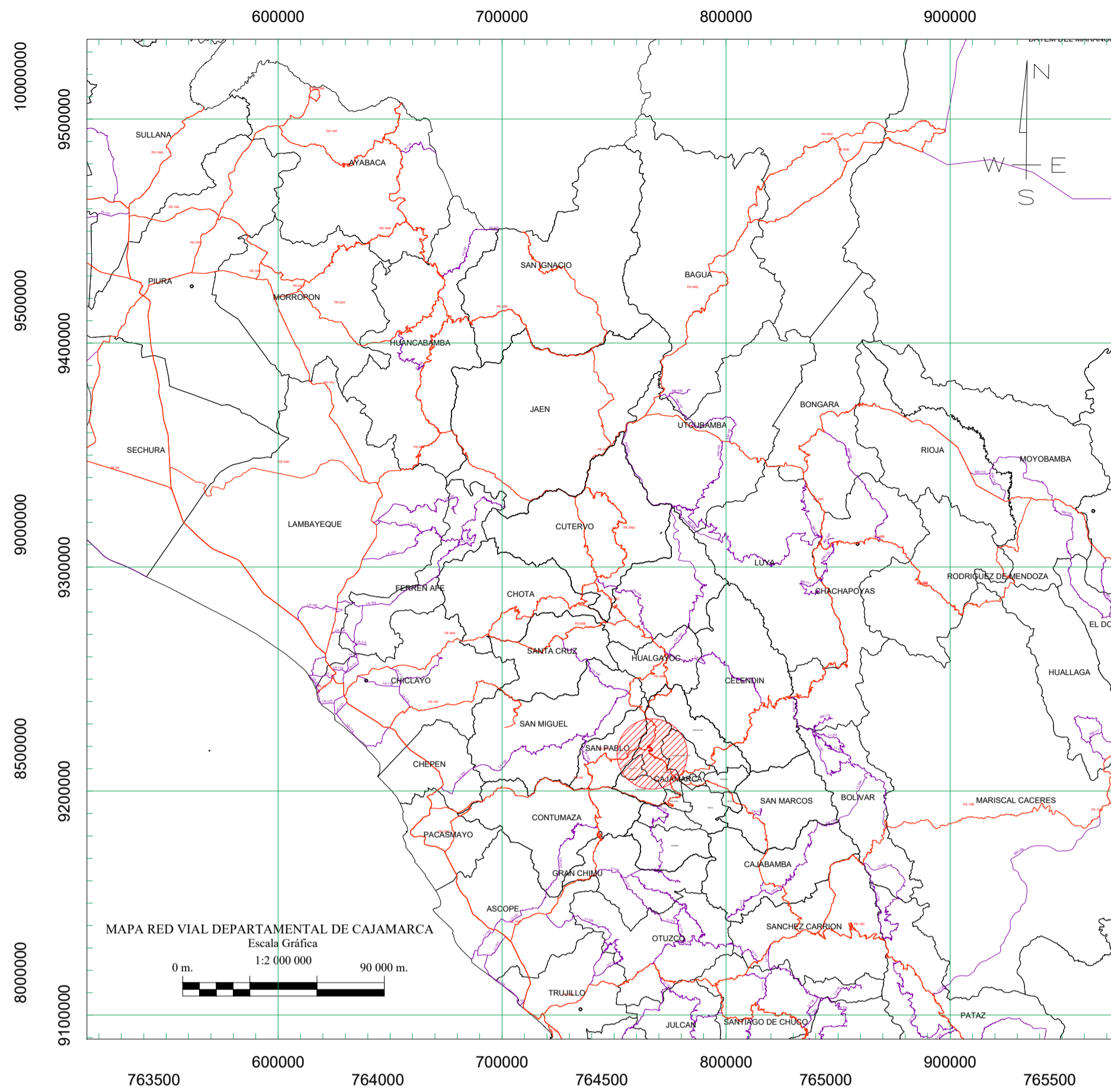
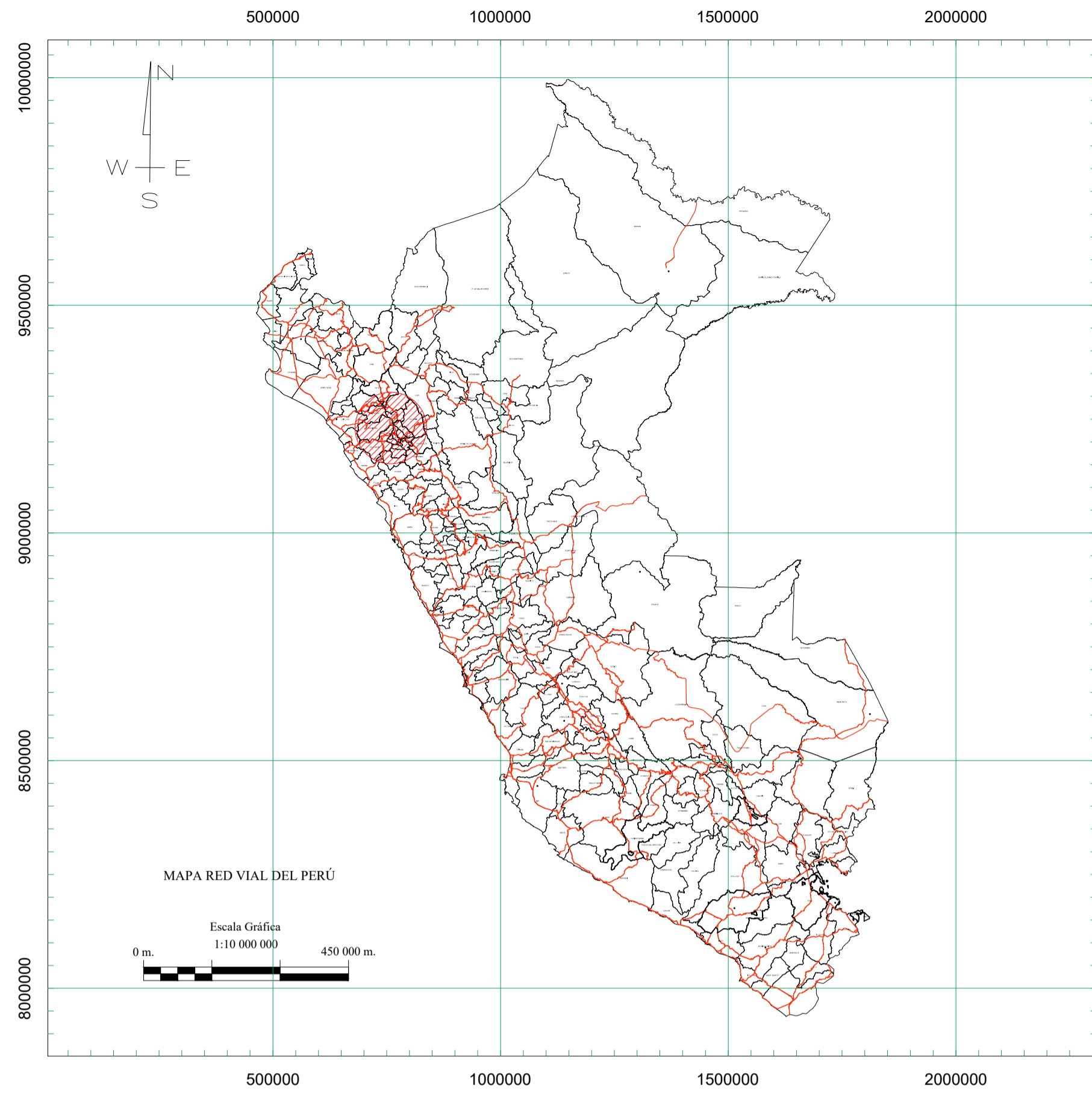
Conteo vehicular – Toma de velocidades de operación

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized cursive letters, positioned above a horizontal line.

JULCA ABANTO GEORGE ADOLFO
TESISTA

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized cursive letters, positioned above a horizontal line.

ALEJANDRO CUBAS BECERRA
ASESOR - UNC



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



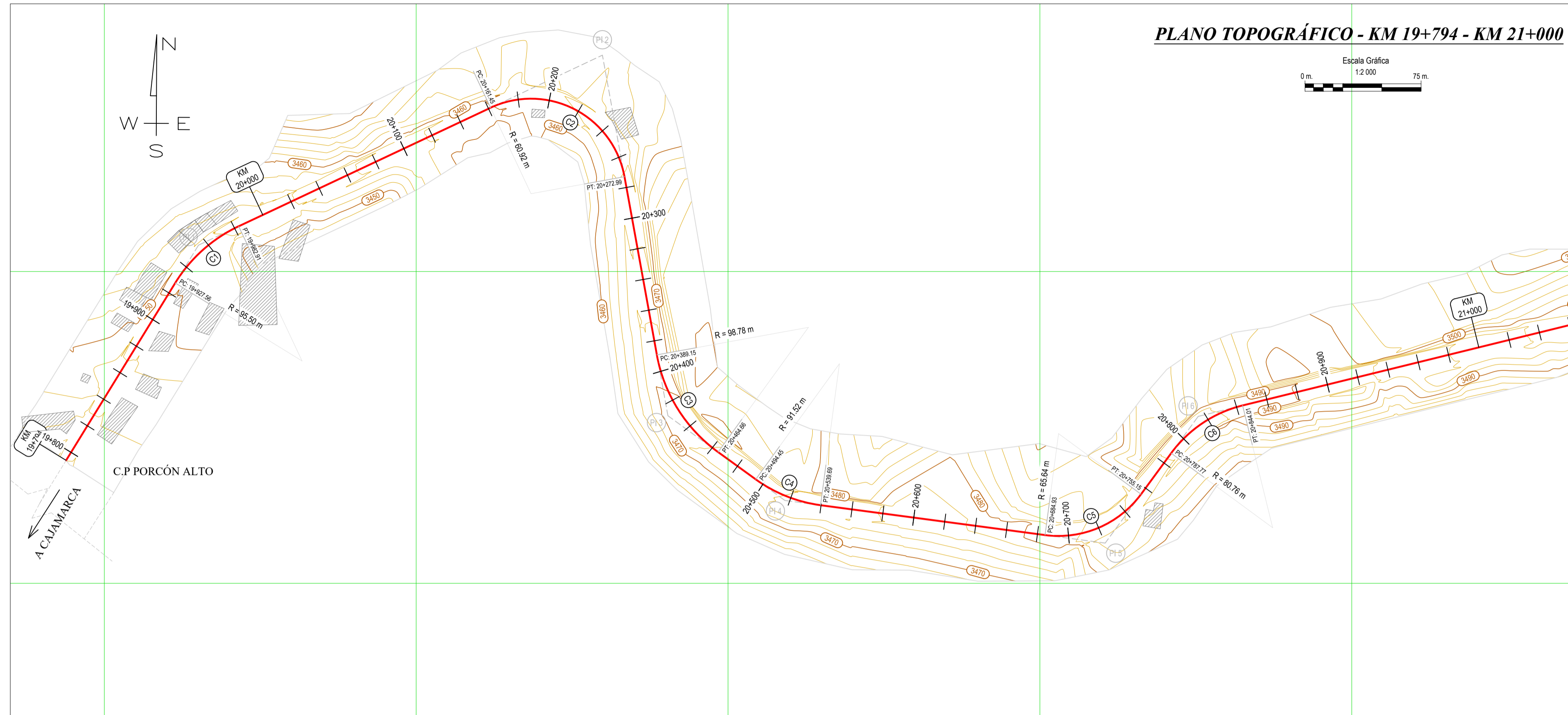
TESIS:
GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A

TESISTA:
GEORGE ADOLFO JULCA ABANTO
ASESOR:
ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

PLANO:
PLANO DE UBICACIÓN

DEPARTAMENTO:
CAJAMARCA
DISTRITO:
CAJAMARCA
ESCALA:
CAJAMARCA
PROVINCIA:
CAJAMARCA
DATUM:
WGS 84
FECHA:
JUNIO 2022

PLANO N°:
U-01



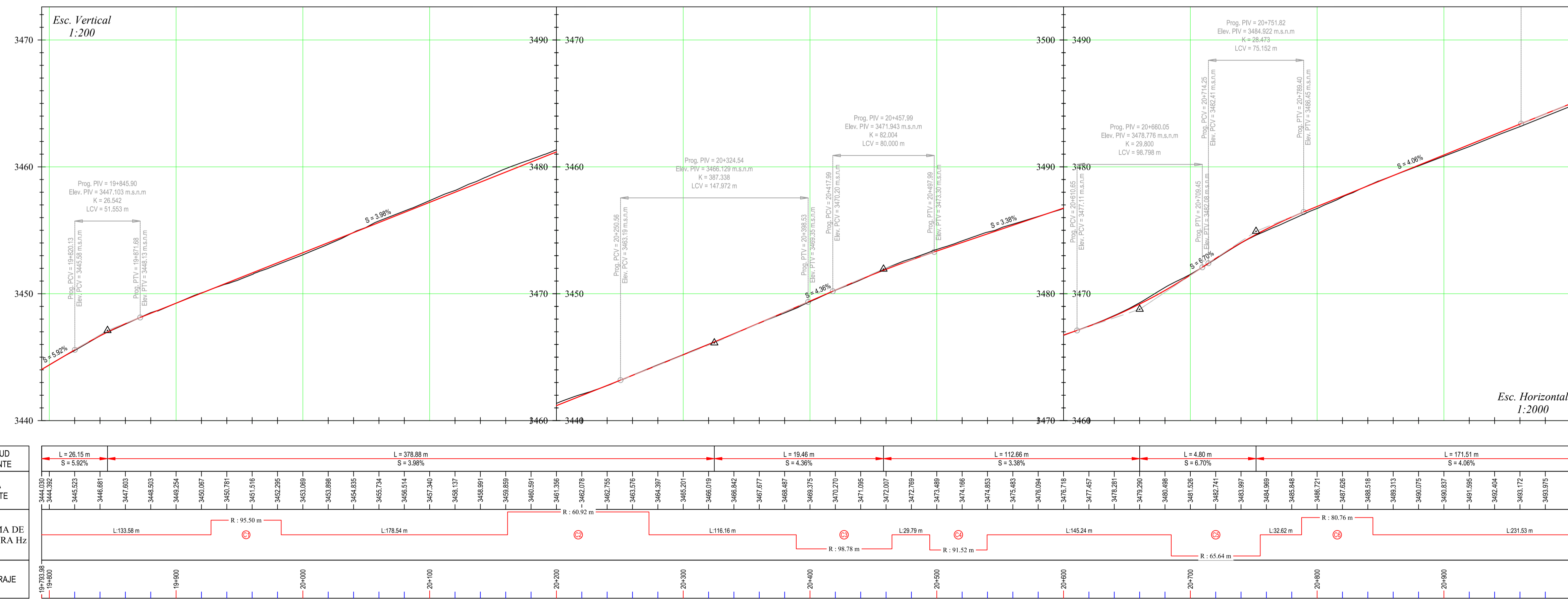
PLANO TOPOGRÁFICO - KM 19+794 - KM 21+000

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA EXISTENTES EN LA CARRETERA EN ESTUDIO

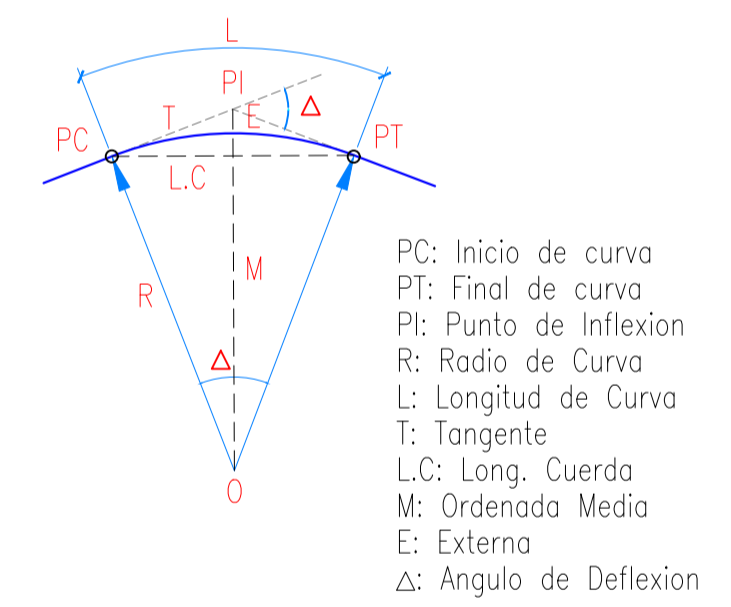
CURVA	Progresiva		$\Delta(\text{°})$	CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EN LA CARRETERA							
	Inicial	Final		R (m)	T (m)	L (m)	M (m)	E (m)	P(%)	Sa (m)	
C1	19+927.56	19+982.91	33°12'24.56"	95.50	28.48	54.58	55.35	3.98	4.16	5.85%	0.00
C2	20+161.45	20+272.99	104°54'14.04"	60.92	79.25	96.6	111.5	23.79	39.04	6.31%	0.44
C3	20+389.15	20+464.66	43°47'56.40"	98.78	39.71	73.69	75.51	7.13	7.68	5.28%	0.15
C4	20+494.45	20+539.69	28°19'22.80"	91.52	23.09	44.78	45.24	2.78	2.87	4.85%	0.10
C5	20+684.93	20+755.15	61°17'36.60"	65.64	38.89	66.92	70.22	9.17	10.66	6.28%	1.20
C6	20+787.77	20+844.01	39°53'43.80"	80.76	29.31	55.1	56.23	4.85	5.15	5.40%	0.61
C7	21+075.54	21+163.83	49°27'18.72"	102.30	47.11	85.58	88.3	9.38	10.33	5.19%	0.24
C8	21+224.54	21+284.96	58°29'29.76"	59.19	33.14	57.83	60.42	7.54	8.65	6.06%	0.39
C9	21+528.85	21+712.74	103°42'26.64"	101.60	129.25	159.8	183.9	38.84	62.88	5.13%	0.04
C10	22+174.94	22+218.97	24°54'21.24"	101.29	22.37	43.68	44.03	2.38	2.44	5.29%	0.04
C11	22+487.73	22+553.12	28°15'32.40"	132.59	33.38	64.73	65.39	4.01	4.14	4.78%	0.29
C12	22+822.00	23+033.41	42°51'47.16"	282.60	110.93	206.52	211.4	19.54	20.99	3.66%	0.42
C13	23+484.82	23+571.53	40°39'16.56"	122.20	45.27	84.9	86.71	7.61	8.12	4.98%	0.64
C14	23+723.75	23+791.93	35°35'45.96"	109.75	35.23	67.09	68.18	5.25	5.52	4.82%	0.40
C15	23+882.25	23+977.63	3°21'40.68"	1625.77	47.7	93.36	95.38	0.7	0.7	0.35%	0.00
C16	24+015.72	24+156.07	97°28'1.56"	82.50	94.02	124.03	140.4	28.09	42.59	5.96%	0.26
C17	24+825.30	24+980.68	92°45'53.64"	95.97	100.72	138.96	155.4	29.77	43.15	5.44%	0.43

N° DE CURVA	PROGRESIVAS Y COORDENADAS					
	PC	PI	PT	PC	PI	PT
C1	19+927.56	19+982.91	19+982.91	E = 766445.4822 N = 9218902.6385	E = 766660.4008 N = 9218116.8986	E = 766886.1892 N = 9218128.0218
C2	20+161.45	20+272.99	20+272.99	E = 766947.2200 N = 9218005.0389	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040
C3	20+389.15	20+464.66	20+464.66	E = 766954.3565 N = 9218046.5173	E = 766981.4332 N = 9218007.4478	E = 766993.8166 N = 9217984.1604
C4	20+494.45	20+539.69	20+539.69	E = 766917.7467 N = 9217966.6894	E = 766938.4513 N = 9217953.1466	E = 766959.3421 N = 9217950.0994
C5	20+684.93	20+755.15	20+755.15	E = 766903.3087 N = 9217930.9342	E = 766941.8596 N = 9217925.8022	E = 766964.8777 N = 9217957.1499
C6	20+787.77	20+844.01	20+844.01	E = 766884.1961 N = 9217955.4455	E = 766901.5338 N = 9218007.5708	E = 766928.9963 N = 9218016.0898
C7	21+075.54	21+163.83	21+163.83	E = 766954.3565 N = 9218046.5173	E = 766981.4332 N = 9218007.4478	E = 766993.8166 N = 9218106.8040
C8	21+224.54	21+284.96	21+284.96	E = 766917.7467 N = 9217966.6894	E = 766938.4513 N = 9217953.1466	E = 766959.3421 N = 9217950.0994
C9	21+528.85	21+712.74	21+712.74	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040	E = 766933.5995 N = 9218106.8040
C10	22+174.94	22+218.97	22+218.97	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040	E = 766933.5995 N = 9218106.8040
C11	22+487.73	22+553.12	22+553.12	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040	E = 766933.5995 N = 9218106.8040
C12	22+822.00	23+033.41	23+033.41	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040	E = 766933.5995 N = 9218106.8040
C13	23+484.82	23+571.53	23+571.53	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040	E = 766933.5995 N = 9218106.8040
C14	23+723.75	23+791.93	23+791.93	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040	E = 766933.5995 N = 9218106.8040
C16	24+015.72	24+156.07	24+156.07	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040	E = 766933.5995 N = 9218106.8040
C17	24+825.30	24+980.68	24+980.68	E = 766919.4325 N = 9218007.4478	E = 766933.5995 N = 9218106.8040	E = 766933.5995 N = 9218106.8040

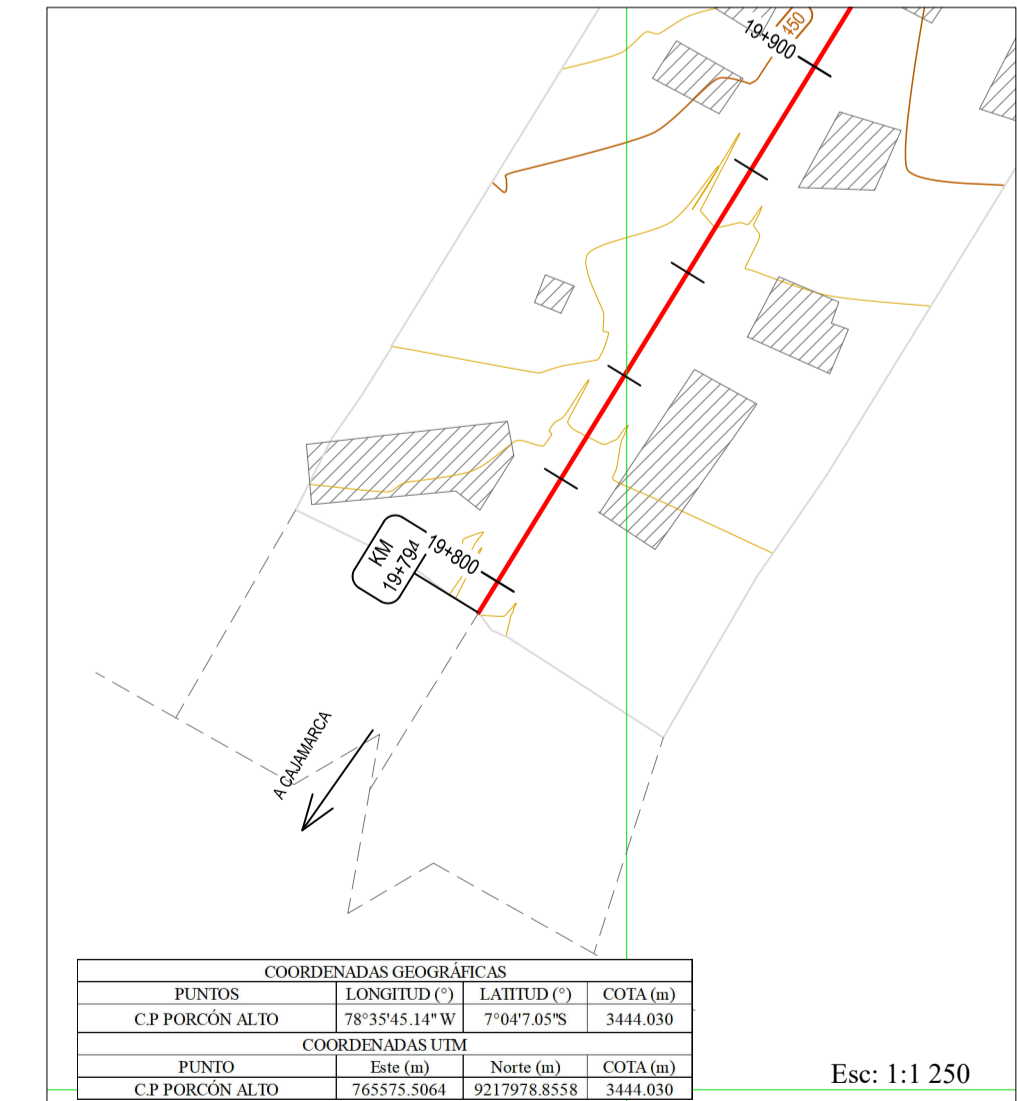
PERFIL LONGITUDINAL - KM 19+794 - KM 21+000

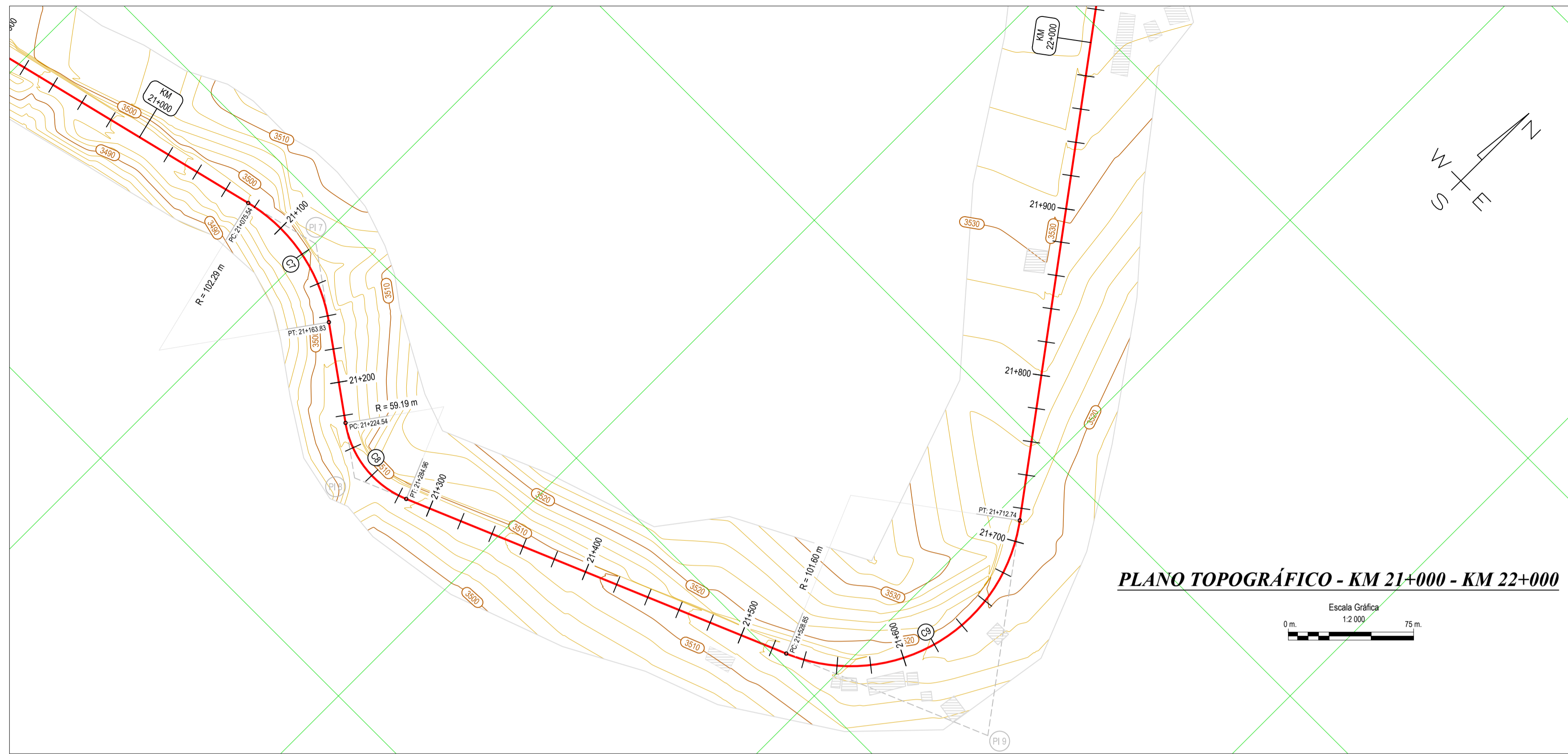


ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



PUNTO INICIAL





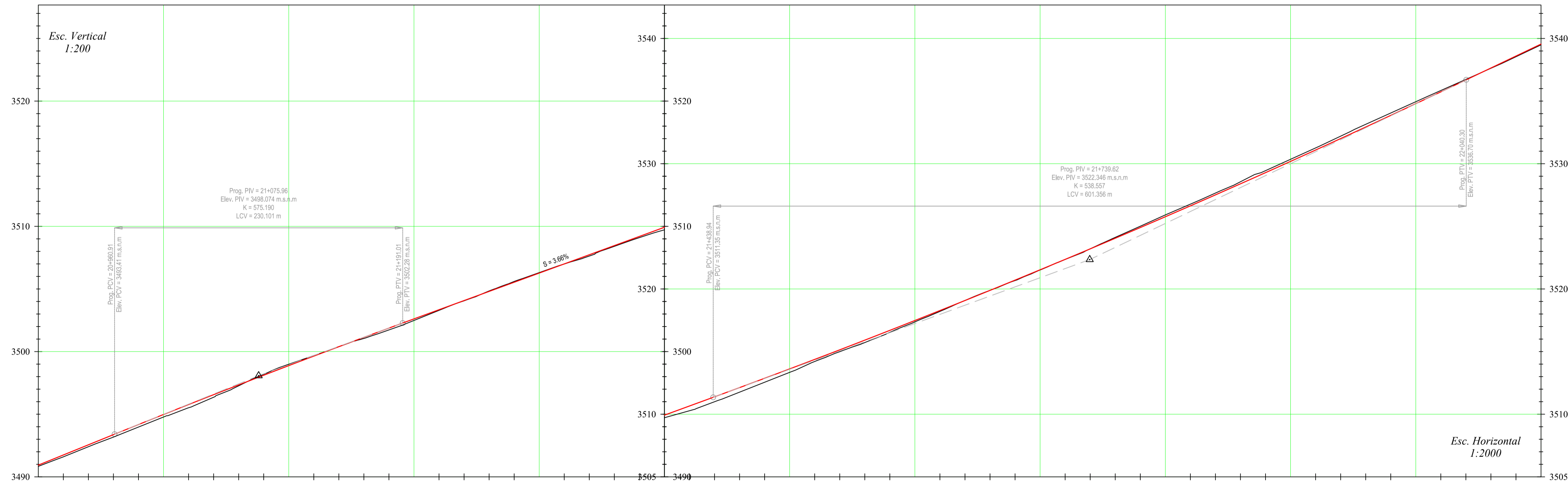
PLANO TOPOGRÁFICO - KM 21+000 - KM 22+000

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA EXISTENTES EN LA CARRETERA EN ESTUDIO

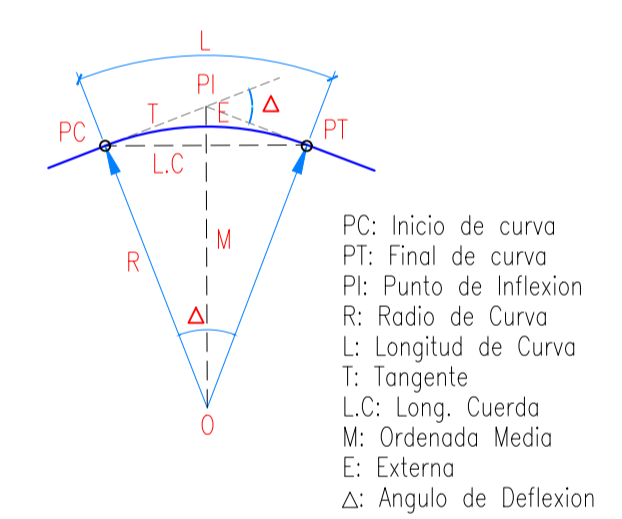
CURVA	Progresiva		CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EN LA CARRETERA									
	Inicial	Final	Δ (°)	R (m)	T (m)	LC (m)	L (m)	M (m)	E (m)	P (%)	Sa (m) Existente	
C1	19+927.56	19+982.91	33°12'34.56"	95.50	28.48	54.58	55.35	3.98	4.16	5.85%	0.00	
C2	20+161.45	20+272.99	104°54'14.04"	60.92	79.25	96.64	111.5	23.79	39.04	6.33%	0.44	
C3	20+389.15	20+464.66	43°47'56.40"	98.78	39.71	73.69	75.51	7.13	7.68	5.23%	0.15	
C4	20+494.45	20+539.69	28°19'22.80"	91.52	23.09	44.78	45.24	2.78	2.87	4.85%	0.10	
C5	20+684.93	20+755.15	61°17'36.60"	65.64	38.89	66.92	70.22	9.17	10.66	6.28%	1.20	
C6	20+787.77	20+844.01	39°53'43.80"	80.76	29.31	55.1	56.23	4.85	5.15	5.40%	0.61	
C7	21+075.54	21+163.83	49°27'18.72"	102.30	47.11	85.58	88.3	9.38	10.33	5.19%	0.24	
C8	21+224.54	21+284.96	58°29'29.76"	59.19	33.14	57.83	60.42	7.54	8.65	6.06%	0.39	
C9	21+528.85	21+712.74	103°42'28.64"	101.60	129.35	159.8	183.9	38.84	62.88	5.13%	0.04	
C10	22+174.94	22+318.97	24°54'21.24"	101.29	23.27	43.68	44.03	2.38	2.44	5.29%	0.04	
C11	22+487.73	22+553.12	28°19'32.40"	132.59	33.38	64.73	65.39	4.01	4.14	4.78%	0.29	
C12	22+822.00	23+033.41	42°51'47.16"	282.60	110.93	206.52	211.4	19.54	20.99	3.66%	0.42	
C13	23+484.82	23+571.53	40°39'16.56"	122.20	45.27	84.9	86.71	7.61	8.12	4.98%	0.64	
C14	23+723.75	23+791.93	35°35'45.96"	109.75	35.23	67.09	68.18	5.25	5.52	4.82%	0.40	
C15	23+882.25	23+977.63	3°21'40.68"	1625.77	47.7	95.36	95.38	0.7	0.7	0.35%	0.00	
C16	24+015.72	24+156.07	97°28'1.56"	82.50	94.02	124.03	140.4	28.09	42.59	5.96%	0.26	
C17	24+825.30	24+980.68	92°45'53.64"	95.97	100.72	138.96	155.4	29.77	43.15	5.44%	0.43	

PROGRESIVAS Y COORDENADAS						
N° DE CURVA	PC	PI	PT	PC	PI	PT
C1	19+927.56	19+956.04	19+982.91	E = 765945.4322 N = 9218052.6365	E = 765960.4038 N = 9218116.8986	E = 765986.1692 N = 9218129.0218
C2	20+161.45	20+240.71	20+272.99	E = 765847.7200 N = 9218205.0389	E = 765919.4325 N = 9218238.7829	E = 765933.5969 N = 9218160.8040
C3	20+389.15	20+428.86	20+464.66	E = 765954.3565 N = 9218046.5173	E = 765961.4532 N = 9218007.4478	E = 765993.6166 N = 9217984.1604
C4	20+494.45	20+517.55	20+539.69	E = 766017.7467 N = 9217996.6894	E = 766036.4513 N = 9217953.1466	E = 766059.3421 N = 9217950.0994
C5	20+684.93	20+723.82	20+755.15	E = 766203.3087 N = 9217930.9342	E = 766241.8596 N = 9217925.8022	E = 766264.8777 N = 9217957.1499
C6	20+787.77	20+817.08	20+844.01	E = 766294.1861 N = 9217983.6455	E = 766301.5338 N = 9218007.0708	E = 766320.9963 N = 9218014.9669
C7	21+075.54	21+122.65	21+163.83	E = 766554.0282 N = 9218069.3573	E = 766600.5754 N = 9218080.6086	E = 766638.8616 N = 9218053.1561
C8	21+224.54	21+257.68	21+284.96	E = 766668.1070 N = 9218017.7833	E = 766715.1313 N = 9217998.4717	E = 766745.6721 N = 9218011.3423
C9	21+528.85	21+656.20	21+712.74	E = 766970.4182 N = 9218106.0550	E = 767089.6136 N = 9218156.2864	E = 767192.5769 N = 9218200.1906
C10	22+174.94	22+197.31	22+218.91	E = 766737.2862 N = 9218631.4758	E = 766723.9759 N = 9218649.4445	E = 766719.4596 N = 9218671.3529
C11	22+487.73	22+521.10	22+553.12	E = 766464.5597 N = 9218934.5729	E = 766468.4593 N = 9218967.8015	E = 766437.0472 N = 9218990.8631
C12	22+822.00	22+932.93	23+033.41	E = 766464.5597 N = 9218934.5729	E = 766383.3943 N = 9219084.0380	E = 766283.3366 N = 9219298.1664
C13	23+484.82	23+530.09	23+571.53	E = 766835.5145 N = 9219354.9782	E = 766790.6044 N = 9219380.6754	E = 766765.2450 N = 9219394.2655
C14	23+723.75	23+758.98	23+791.93	E = 766568.1659 N = 9219507.1679	E = 766584.5377 N = 9219533.3034	E = 766600.1121 N = 9219540.8021
C16	24+015.72	24+106.74	24+156.07	E = 765382.6397 N = 9219593.3206	E = 765292.1018 N = 9219616.6838	E = 765329.0159 N = 9219705.1578
C17	24+825.30	24+926.02	24+980.68	E = 765591.7618 N = 9220200.6585	E = 765631.3031 N = 9220413.2870	E = 765721.9164 N = 9220369.3234

PERFIL LONGITUDINAL - KM 21+000 - KM 22+000



ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



LONGITUD PENDIENTE	COTA RASANTE	DIAGRAMA DE CURVATURA Hz	KILOMETRAJE
L = 171.51 m S = 4.06%	3490.837	L231.53 m	20+900
L = 247.93 m S = 3.66%	3505.027	R : 102.29 m	21+000
L = 208.57 m S = 4.77%	3538.489	R : 59.19 m	21+100
		R : 101.60 m	21+200
			21+300
			21+400
			21+500
			21+600
			21+700
			21+800
			21+900
			22+000
			22+100



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



TESIS:
GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A

TESISTA:
GEORGE ADOLFO JULCA ABANTO
ASESOR:
ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

PLANO:
PLANTA - PERFIL
KM 21+000 - KM 22+000

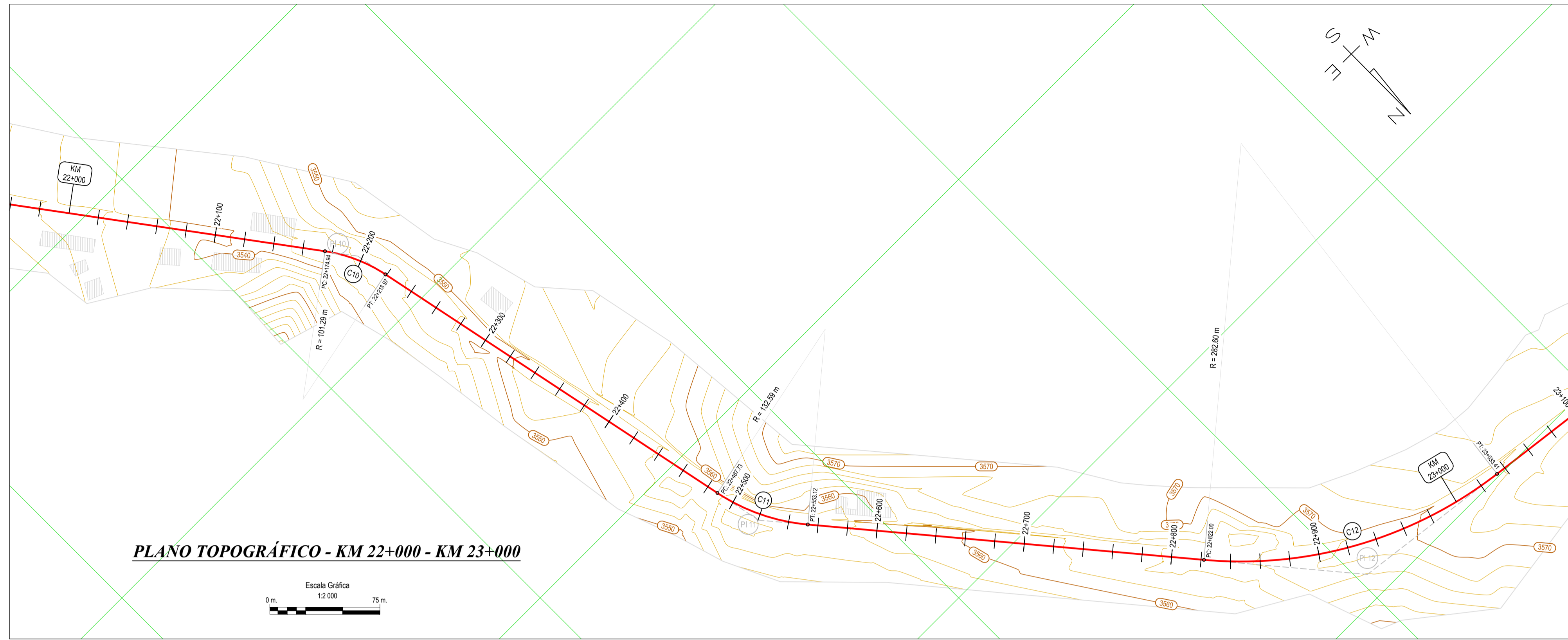
DEPARTAMENTO:
CAJAMARCA
DISTRITO:
CAJAMARCA
ESCALA:
INDICADA
FECHA:
JUNIO 2022

PLANO N°:
PP - 02

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA EXISTENTES EN LA CARRETERA EN ESTUDIO

CURVA	Progresiva		CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EN LA CARRETERA									
	Inicial	Final	Δ (°)	R (m)	T (m)	LC (m)	L (m)	M (m)	E (m)	P (%)	Su (m) Existente	
C1	19+927.56	19+982.91	33°12'34.56"	95.50	28.48	53.53	53.35	3.92	4.16	5.85%	0.00	
C2	20+161.45	20+272.99	104°54'14.04"	60.92	79.25	96.6	111.5	23.79	39.04	6.31%	0.44	
C3	20+389.15	20+464.66	43°47'56.40"	98.78	39.71	73.69	75.51	7.13	7.68	5.28%	0.15	
C4	20+494.45	20+539.69	28°19'22.80"	91.52	23.09	44.78	45.24	2.78	2.87	4.85%	0.10	
C5	20+684.93	20+755.15	61°17'36.60"	65.64	38.89	66.92	70.22	9.17	10.66	6.28%	1.20	
C6	20+787.77	20+844.01	39°53'43.80"	80.76	29.31	55.1	56.23	4.85	5.15	5.40%	0.61	
C7	21+075.54	21+163.83	49°27'18.72"	102.30	47.11	85.58	88.2	9.38	10.33	5.19%	0.24	
C8	21+224.54	21+284.96	58°29'29.76"	59.19	33.14	57.83	60.42	7.54	8.65	5.06%	0.39	
C9	21+528.85	21+712.74	103°42'8.64"	101.60	129.35	159.8	183.9	38.84	62.88	5.13%	0.04	
C10	22+174.94	22+218.97	24°54'21.24"	101.29	22.37	43.68	44.03	2.38	2.44	5.29%	0.04	
C11	22+487.73	22+553.12	28°15'32.40"	132.59	33.38	64.73	65.39	4.01	4.14	4.78%	0.29	
C12	22+822.00	23+033.41	42°51'47.16"	282.60	110.93	206.52	211.4	19.54	20.99	3.66%	0.42	
C13	23+484.82	23+571.53	40°39'16.56"	122.20	45.27	84.9	86.71	7.61	8.12	4.98%	0.64	
C14	23+723.75	23+791.93	35°35'45.96"	109.75	35.23	67.09	68.18	5.25	5.52	4.82%	0.40	
C15	23+882.25	23+977.63	3°21'40.68"	1625.77	47.7	95.36	95.38	0.7	0.7	0.35%	0.00	
C16	24+015.72	24+156.07	97°28'15.66"	82.50	94.02	124.03	140.4	28.09	42.59	5.96%	0.26	
C17	24+825.30	24+980.68	92°45'53.64"	95.97	100.72	138.96	155.4	29.77	43.15	5.44%	0.43	

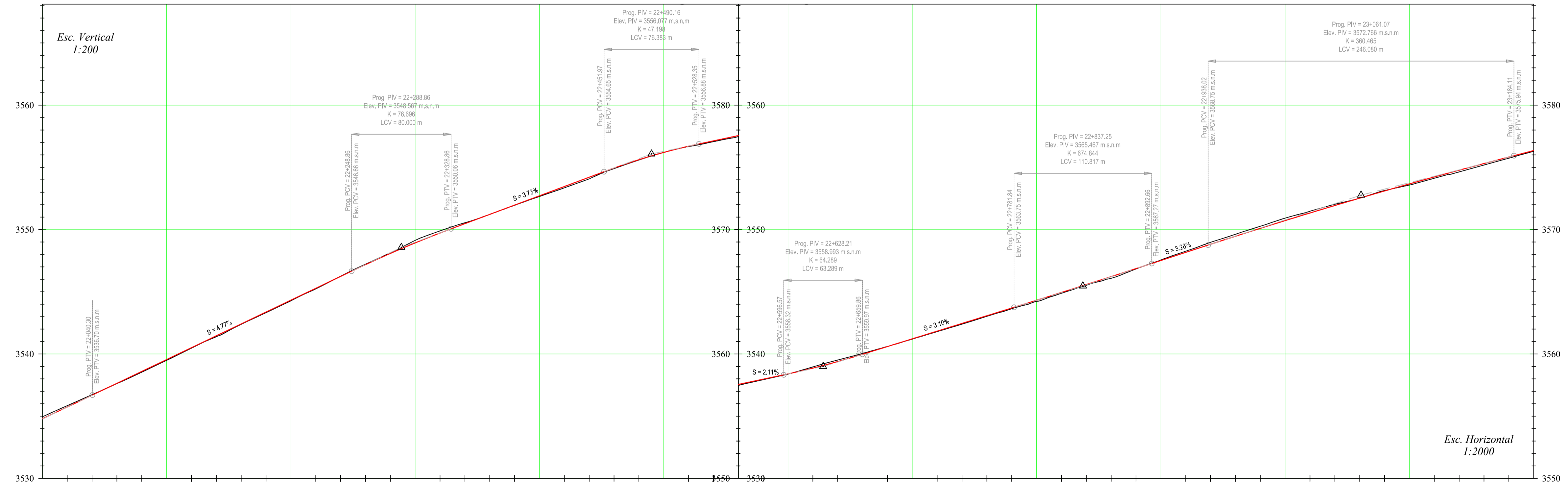
PROGRESIVAS Y COORDENADAS						
N° DE CURVA	PC	PI	PT	PC	PI	PT
C1	19+927.56	19+956.04	19+982.91	E = 765645.4832 N = 9218092.6385	E = 765660.4008 N = 9218116.8966	E = 765686.1692 N = 9218128.0218
C2	20+161.45	20+240.71	20+272.99	E = 765847.7200 N = 9216205.0389	E = 765919.4325 N = 9216228.7629	E = 765933.5969 N = 9216180.8540
C3	20+389.15	20+428.86	20+464.66	E = 765954.3885 N = 9216046.5173	E = 765961.4532 N = 9216007.4478	E = 765963.6166 N = 9217984.1604
C4	20+494.45	20+517.55	20+539.69	E = 766017.7467 N = 9217966.6884	E = 766036.4513 N = 9217953.1496	E = 766050.3421 N = 9217951.1499
C5	20+684.93	20+723.82	20+755.15	E = 766003.3087 N = 9217900.9342	E = 766241.8566 N = 9217925.9022	E = 766264.8777 N = 9217957.1499
C6	20+787.77	20+817.08	20+844.01	E = 766034.1861 N = 9217983.4455	E = 766031.5338 N = 9218007.0708	E = 766039.9903 N = 9218014.0699
C7	21+075.54	21+122.85	21+163.83	E = 766054.8282 N = 9218069.3573	E = 766060.5754 N = 9218090.6068	E = 766068.8615 N = 9218053.1561
C8	21+224.54	21+257.68	21+284.96	E = 766088.1870 N = 9218017.7633	E = 766175.1313 N = 9217988.4717	E = 766145.6721 N = 9218011.3423
C9	21+528.85	21+658.20	21+712.74	E = 766070.4192 N = 9218106.0590	E = 766109.6136 N = 9218198.2964	E = 766121.5769 N = 9218201.1606
C10	22+174.94	22+187.31	22+218.97	E = 766073.2892 N = 9218031.4758	E = 766073.0759 N = 9218049.4445	E = 766079.4595 N = 9218071.3528
C11	22+487.73	22+521.10	22+553.12	E = 766065.1979 N = 9218034.5729	E = 766058.4593 N = 9218967.2615	E = 766037.0472 N = 9218962.8637
C12	22+822.00	22+932.83	23+033.41	E = 766044.5507 N = 9219199.1153	E = 766035.3843 N = 9219284.2080	E = 766063.3306 N = 9219298.1684
C13	23+484.82	23+530.09	23+571.53	E = 766035.5145 N = 9219354.9782	E = 766070.6044 N = 9219390.8754	E = 766070.2450 N = 9219394.2565
C14	23+723.75	23+758.98	23+791.93	E = 766038.1659 N = 9219507.1679	E = 766034.5377 N = 9219503.3034	E = 766030.1121 N = 9219500.8521
C16	24+015.72	24+106.74	24+156.07	E = 766032.8397 N = 9219593.3296	E = 766020.0101 N = 9219616.8838	E = 766029.0199 N = 9219615.1378
C17	24+825.30	24+926.02	24+980.68	E = 766011.7618 N = 922030.6885	E = 766031.3031 N = 9220413.2870	E = 766071.9164 N = 9220369.3234



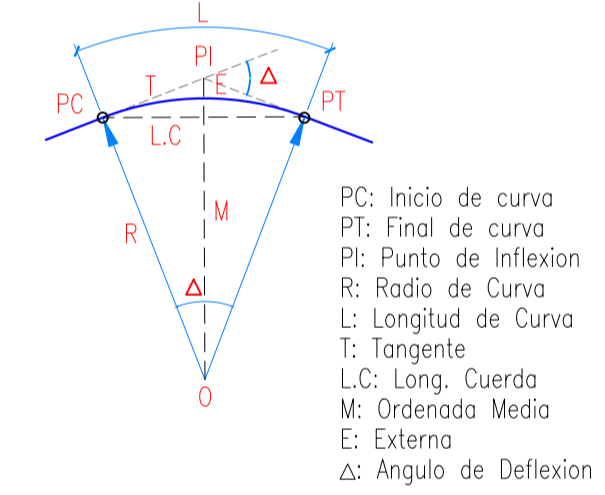
PLANO TOPOGRÁFICO - KM 22+000 - KM 23+000

Escala Gráfica
1:2000
0 m. 75 m.

PERFIL LONGITUDINAL - KM 22+000 - KM 23+000



ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

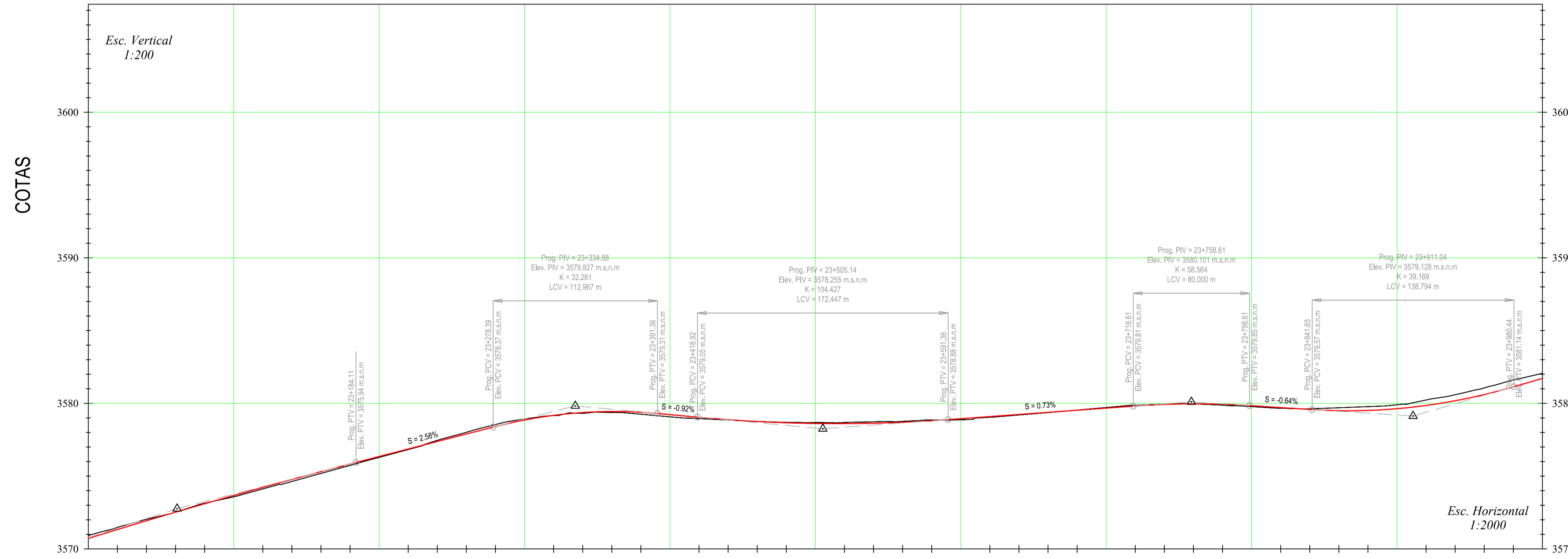


LONGITUD PENDIENTE	COTA RASANTE	DIAGRAMA DE CURVATURA Hz	KILOMETRAJE
L = 208.57 m S = 4.77%	3534.850		22+000
L = 123.10 m S = 3.73%	3535.845		22+100
L = 68.22 m S = 2.11%	3536.721		22+200
L = 121.99 m S = 3.10%	3537.618		22+300
L = 45.36 m S = 3.26%	3538.539		22+400
L = 94.29 m S = 2.58%	3539.489		22+500
	3540.468		22+600
	3541.387		22+700
	3542.383		22+800
	3543.333		22+900
	3544.273		23+000



PLANO TOPOGRÁFICO - KM 23+000 - KM 24+000

PERFIL LONGITUDINAL - KM 23+000 - KM 24+000



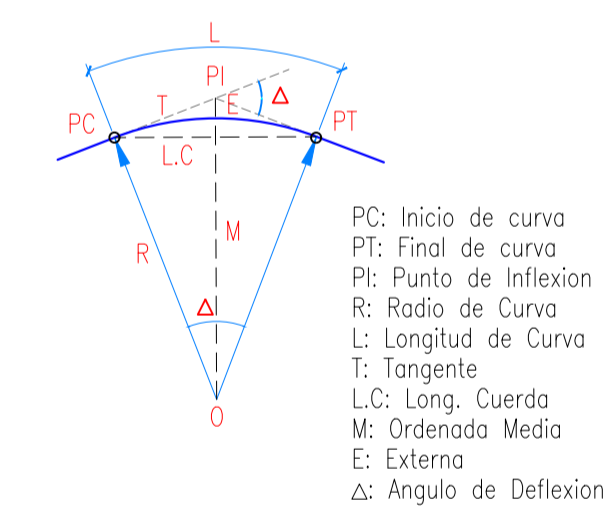
LONGITUD PENDIENTE	COTA RASANTE	DIAGRAMA DE CURVATURA Hz	KILOMETRAJE
L = 94.29 m S = 2.58%	3570.00 3571.47 3572.04 3572.62 3573.14 3573.60 3574.14 3574.63 3575.10 3575.70 3576.28 3576.82 3577.45 3578.05 3578.54 3579.02 3579.63 3579.78 3579.86 3579.88 3579.70 3579.74 3579.83 3579.87 3579.94 3579.96 3579.88 3579.77 3579.64 3579.62 3579.69 3579.74 3579.94 3580.20 3580.99 3581.06 3581.06 3581.06 3580.85	L=451.41 m R: 122.20 m L=152.21 m R: 109.75 m L=90.32 m R: 1625.77 m L=38.09 m	23+000 23+100 23+200 23+300 23+400 23+500 23+600 23+700 23+800 23+900 24+000

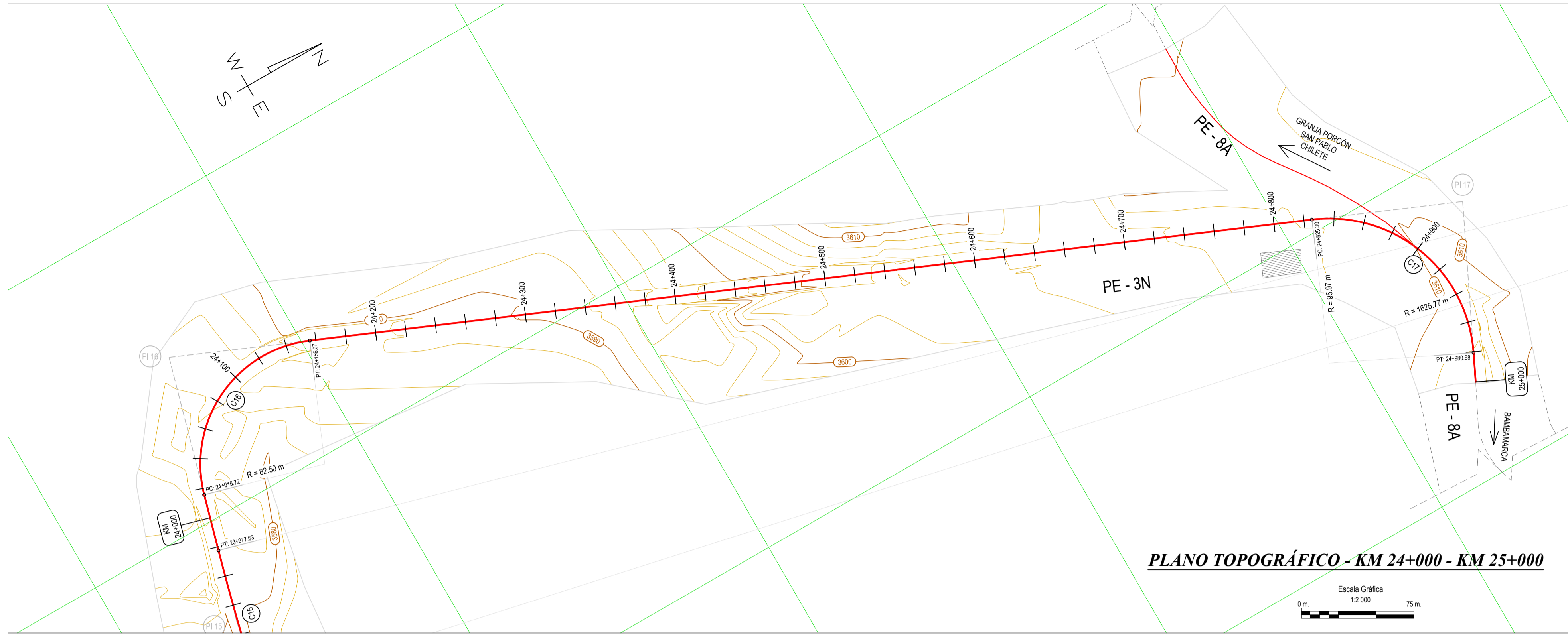
CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA EXISTENTES EN LA CARRETERA EN ESTUDIO

CURVA	Progresiva		CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EN LA CARRETERA								
	Inicial	Final	$\Delta(\circ)$	R (m)	T (m)	L.C (m)	M (m)	E (m)	Pt(%)	Sa (m)	
C1	19+927.56	19+982.91	33°12'34.56"	95.50	28.48	54.58	55.35	3.98	4.16	5.85%	0.00
C2	20+161.45	20+272.99	104°54'14.04"	40.92	29.25	96.6	111.5	33.79	39.04	6.31%	0.44
C3	20+389.15	20+464.66	43°47'56.40"	98.78	39.71	73.69	75.11	7.13	7.68	5.28%	0.15
C4	20+494.45	20+539.69	28°19'22.80"	91.52	23.09	44.78	45.24	2.78	2.87	4.85%	0.10
C5	20+684.93	20+755.15	61°17'36.60"	65.64	38.89	66.92	70.22	9.17	10.66	6.28%	1.20
C6	20+787.77	20+844.01	39°53'43.80"	80.76	29.31	55.1	56.23	4.85	5.15	5.40%	0.61
C7	21+075.54	21+163.83	49°27'18.72"	102.30	47.11	85.58	88.3	9.38	10.33	5.19%	0.24
C8	21+224.54	21+284.96	58°29'29.76"	59.19	33.14	57.83	60.42	7.54	8.65	6.06%	0.39
C9	21+528.85	21+712.74	103°42'56.64"	101.60	129.35	159.8	183.9	38.84	62.88	5.13%	0.04
C10	22+174.94	22+218.97	24°54'21.24"	101.29	22.37	43.68	44.03	2.38	2.44	5.29%	0.04
C11	22+487.73	22+553.12	28°15'32.40"	132.59	33.38	64.73	65.39	4.01	4.14	4.78%	0.29
C12	22+822.00	23+033.41	42°51'47.16"	282.60	110.93	206.52	211.4	19.54	20.99	3.66%	0.42
C13	23+484.82	23+571.53	40°39'16.56"	122.20	45.27	84.9	86.71	7.61	8.12	4.98%	0.64
C14	23+723.75	23+791.93	35°35'45.96"	109.75	35.23	67.09	68.18	5.25	5.52	4.82%	0.40
C15	23+882.25	23+977.63	3°21'40.68"	1625.77	47.7	95.36	95.38	0.7	0.7	0.35%	0.00
C16	24+015.72	24+156.07	97°28'1.56"	82.50	94.02	124.03	140.4	28.09	42.59	5.96%	0.26
C17	24+825.30	24+980.68	92°45'53.64"	95.97	100.72	138.96	155.4	29.77	43.15	5.44%	0.43

N° DE CURVA	PROGRESIVAS Y COORDENADAS			
	PC	PI	PT	PT
C1	19+927.56	19+956.04	19+982.91	19+982.91
C2	20+161.45	20+240.71	20+272.99	20+272.99
C3	20+389.15	20+428.86	20+464.66	20+464.66
C4	20+494.45	20+517.55	20+539.69	20+539.69
C5	20+684.93	20+723.82	20+755.15	20+755.15
C6	20+787.77	20+817.08	20+844.01	20+844.01
C7	21+075.54	21+126.65	21+163.83	21+163.83
C8	21+224.54	21+257.68	21+284.96	21+284.96
C9	21+528.85	21+658.20	21+712.74	21+712.74
C10	22+174.94	22+187.31	22+218.97	22+218.97
C11	22+487.73	22+521.10	22+553.12	22+553.12
C12	22+822.00	22+932.93	23+033.41	23+033.41
C13	23+484.82	23+530.09	23+571.53	23+571.53
C14	23+723.75	23+758.98	23+791.93	23+791.93
C16	24+015.72	24+109.74	24+156.07	24+156.07
C17	24+825.30	24+926.02	24+980.68	24+980.68

ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



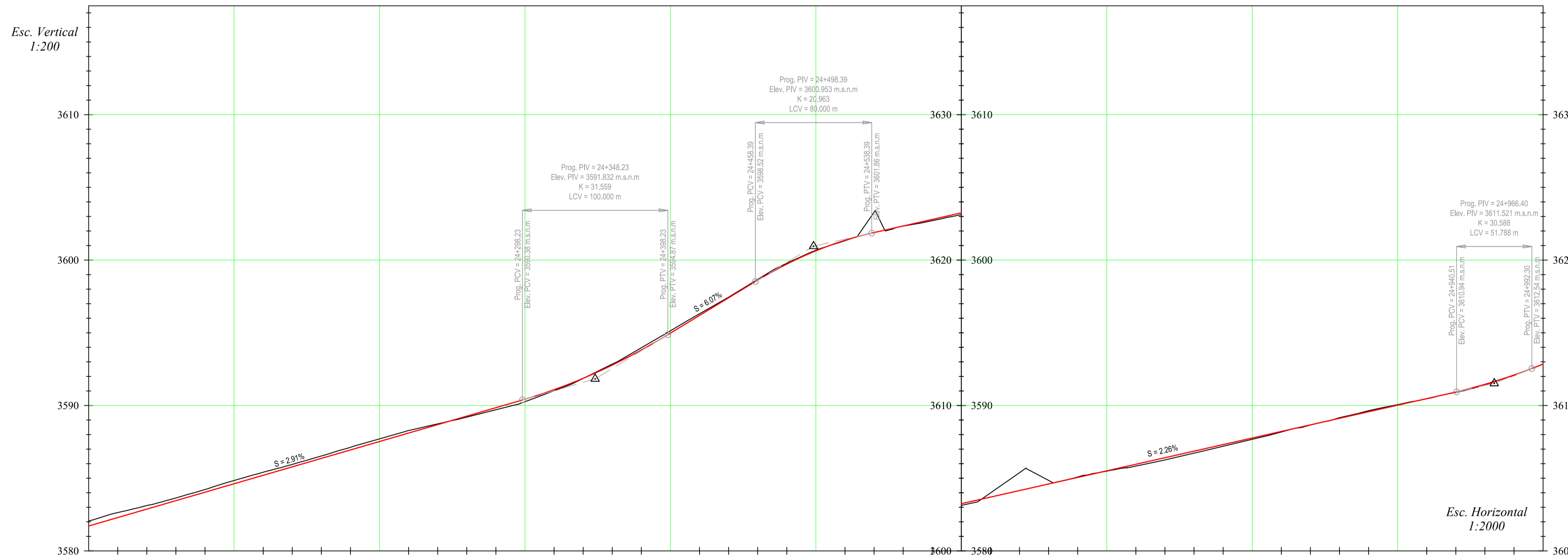


PLANO TOPOGRÁFICO - KM 24+000 - KM 25+000

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA EXISTENTES EN LA CARRETERA EN ESTUDIO

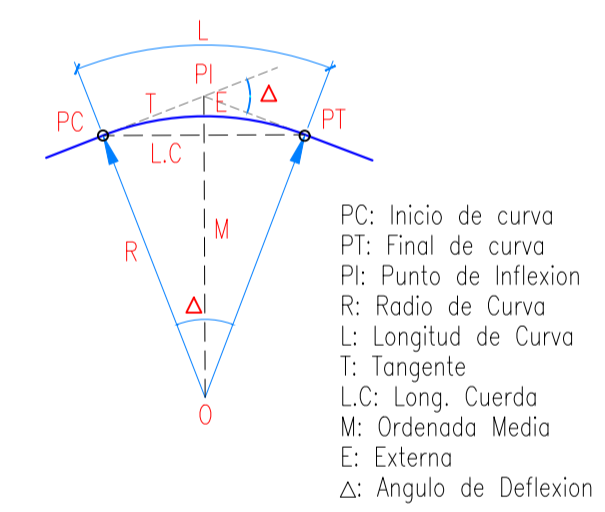
CURVA	Progresiva		CARACTERÍSTICAS EXISTENTES EN LA CARRETERA									
	Inicial	Final	Δ (°)	R (m)	T (m)	L (m)	M (m)	E (m)	P (%)	S_u (m)	Existente	
C1	19+927.56	19+982.91	33°12'34.56"	95.50	28.48	54.58	55.35	3.98	4.16	5.85%	0.00	
C2	20+161.45	20+272.99	104°54'14.04"	60.92	79.25	96.6	111.5	23.79	39.04	6.31%	0.44	
C3	20+389.15	20+464.66	43°47'56.40"	98.78	39.71	73.69	75.51	7.13	7.68	5.28%	0.15	
C4	20+494.45	20+539.69	28°17'22.80"	91.52	23.09	44.78	45.24	2.78	2.87	4.85%	0.10	
C5	20+684.93	20+755.15	61°17'36.60"	65.64	38.89	66.92	70.22	9.17	10.66	4.28%	1.20	
C6	20+787.77	20+844.01	39°53'43.80"	80.76	29.31	55.1	56.23	4.85	5.15	5.40%	0.61	
C7	21+075.54	21+163.83	49°27'18.72"	102.30	47.11	85.58	88.3	9.38	10.33	5.19%	0.24	
C8	21+224.54	21+284.96	58°29'29.76"	59.19	33.14	57.83	60.42	7.54	8.65	6.06%	0.39	
C9	21+528.85	21+712.74	103°42'8.64"	101.60	129.35	159.8	183.9	38.84	62.88	5.13%	0.04	
C10	22+174.94	22+218.97	24°54'21.24"	101.29	22.37	43.68	44.03	2.38	2.44	5.29%	0.04	
C11	22+487.73	22+553.12	28°15'32.40"	132.59	33.38	64.73	65.39	4.01	4.14	4.78%	0.29	
C12	22+822.00	23+033.41	42°51'47.16"	282.60	110.93	206.52	211.4	19.54	20.99	3.66%	0.42	
C13	23+484.82	23+571.53	40°39'16.56"	122.20	45.27	84.9	86.71	7.61	8.12	4.98%	0.64	
C14	23+723.75	23+791.93	35°35'45.96"	109.75	35.23	67.09	68.18	5.25	5.52	4.82%	0.40	
C15	23+882.25	23+977.63	3°21'40.68"	1625.77	47.7	95.36	95.38	0.7	0.7	0.35%	0.00	
C16	24+015.72	24+156.07	97°28'1.56"	82.50	94.02	124.03	140.4	28.09	42.59	5.96%	0.26	
C17	24+825.30	24+980.68	92°45'53.64"	95.97	100.72	138.96	155.4	29.77	43.15	5.44%	0.43	

PERFIL LONGITUDINAL - KM 24+000 - KM 25+000

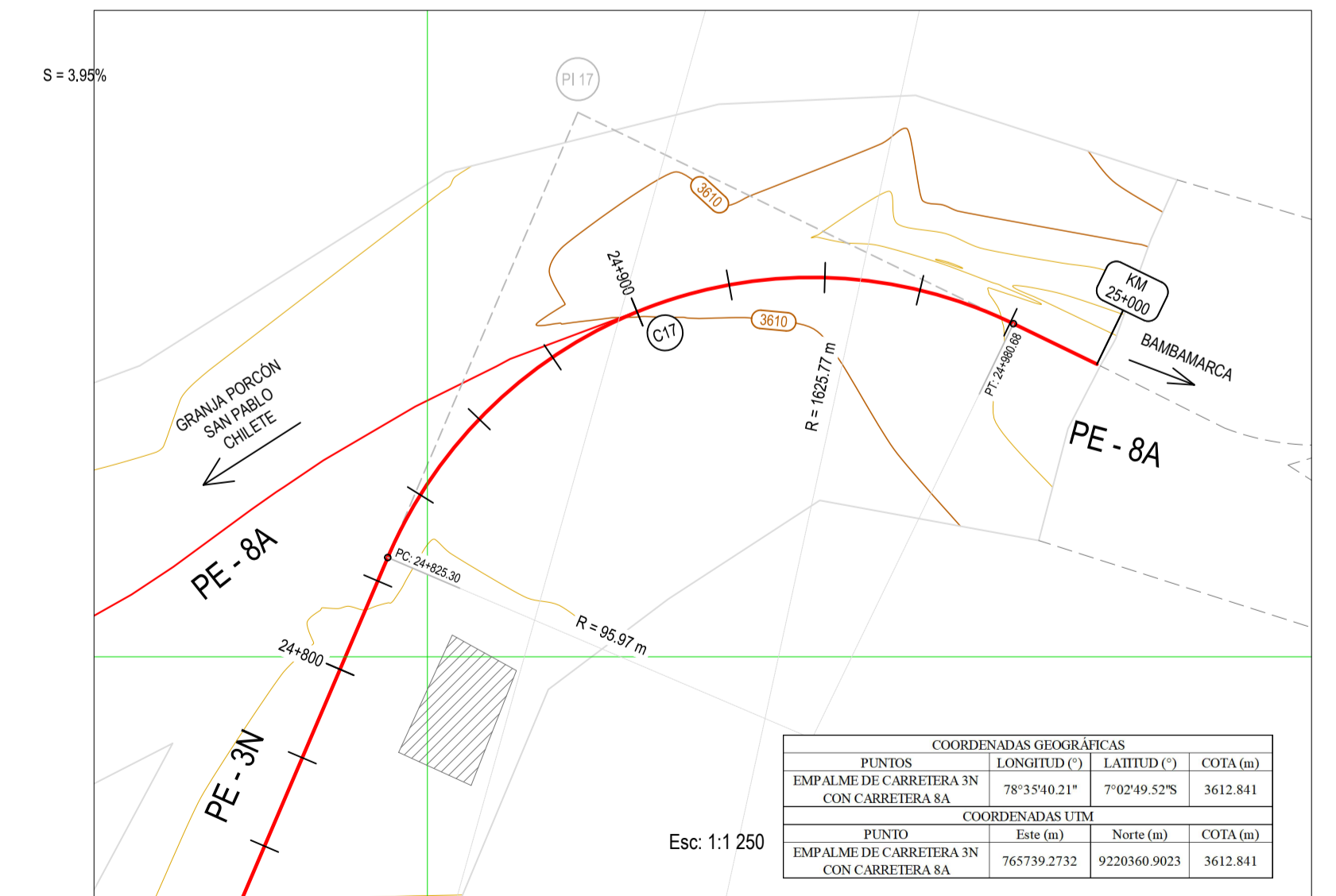


LONGITUD PENDIENTE	COTA RASANTE	DIAGRAMA DE CURVATURA Hz	KILOMETRAJE
L = 317.79 m S = 2.91%	3582.083	R = 82.50 m	24+000
L = 60.16 m S = 6.07%	3582.083	R = 82.50 m	24+100
L = 402.12 m S = 2.26%	3582.083	R = 82.50 m	24+200
L = 7.59 m S = 3.95%	3582.083	R = 82.50 m	25+000

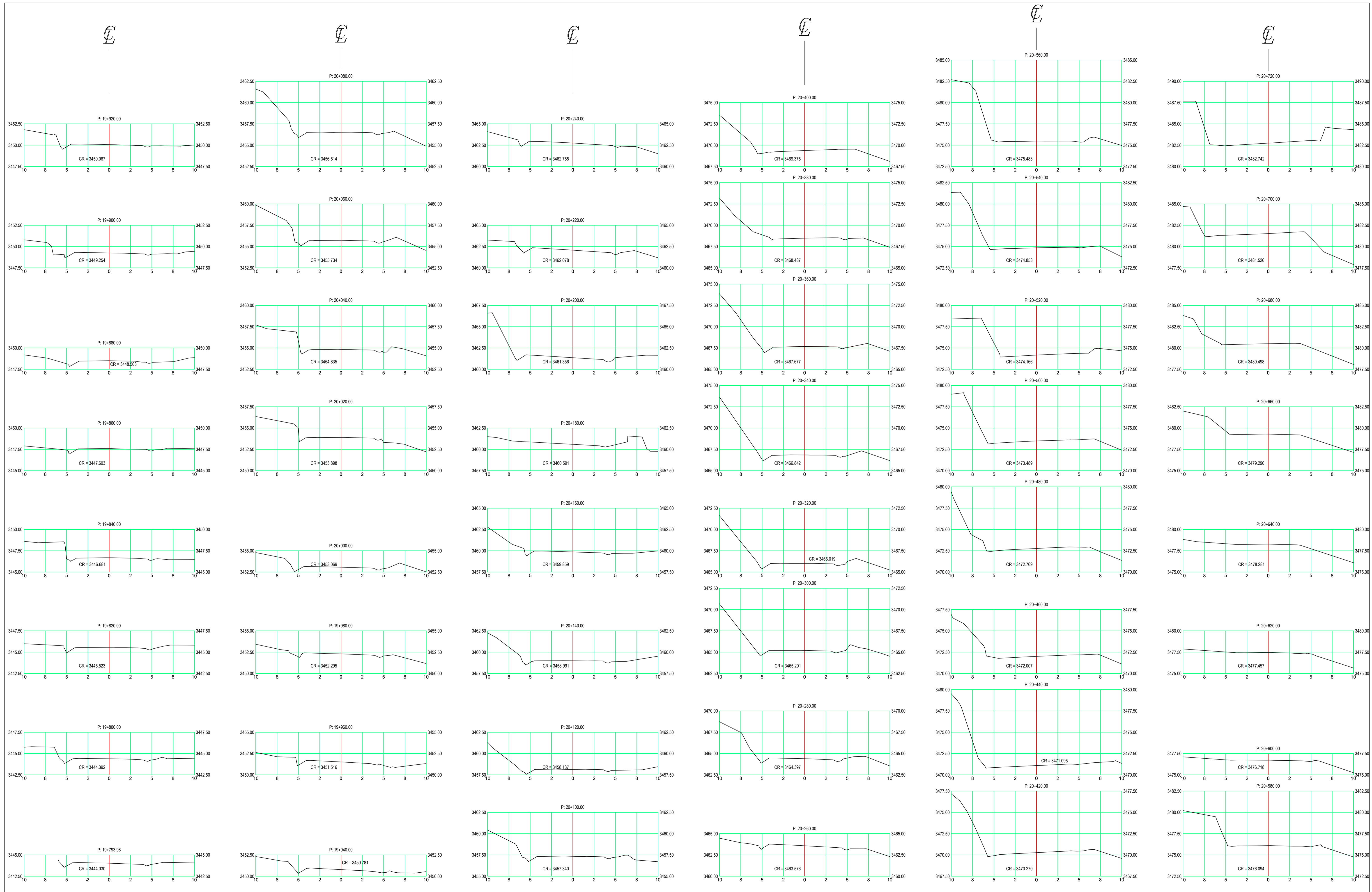
ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

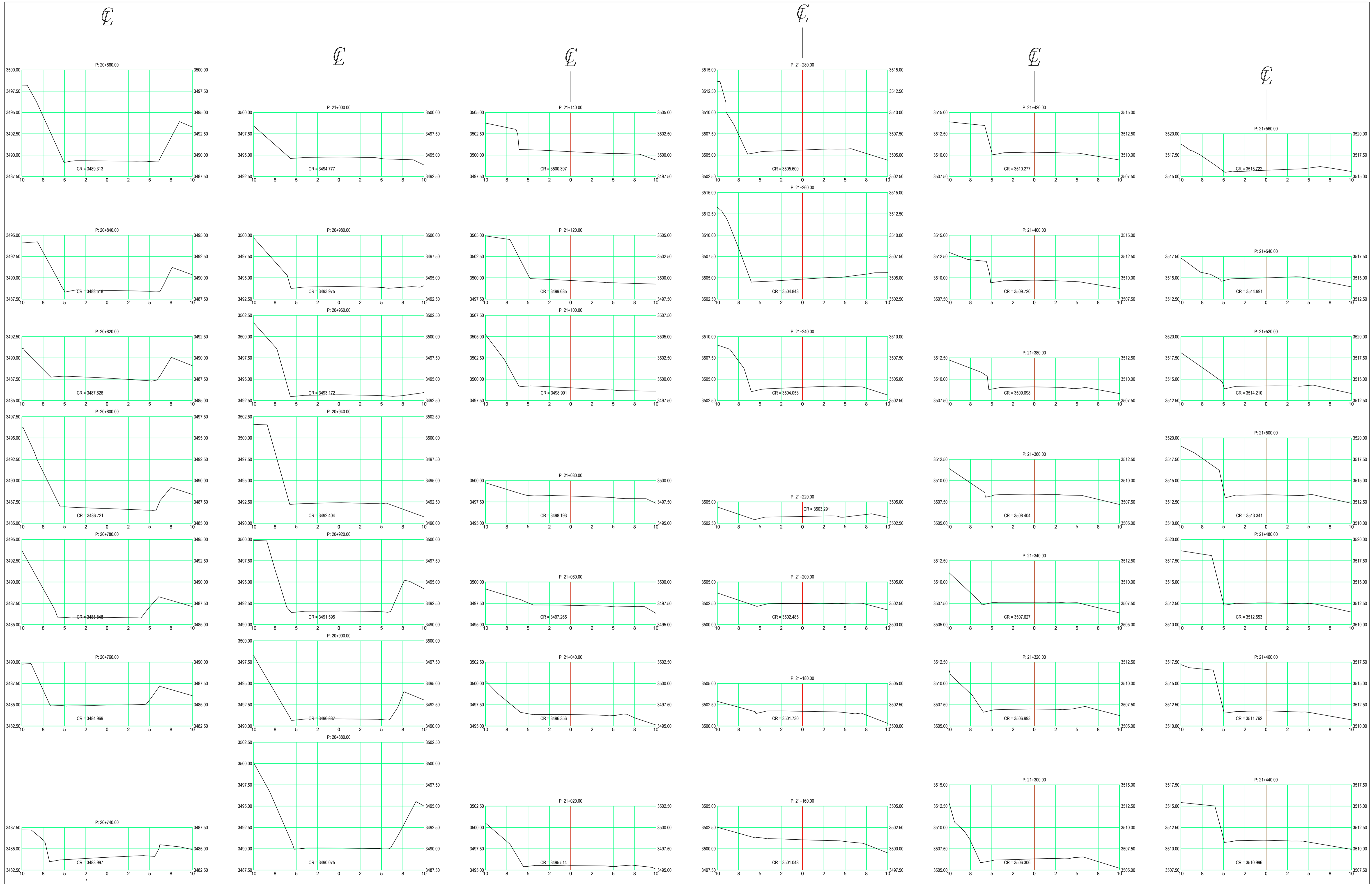


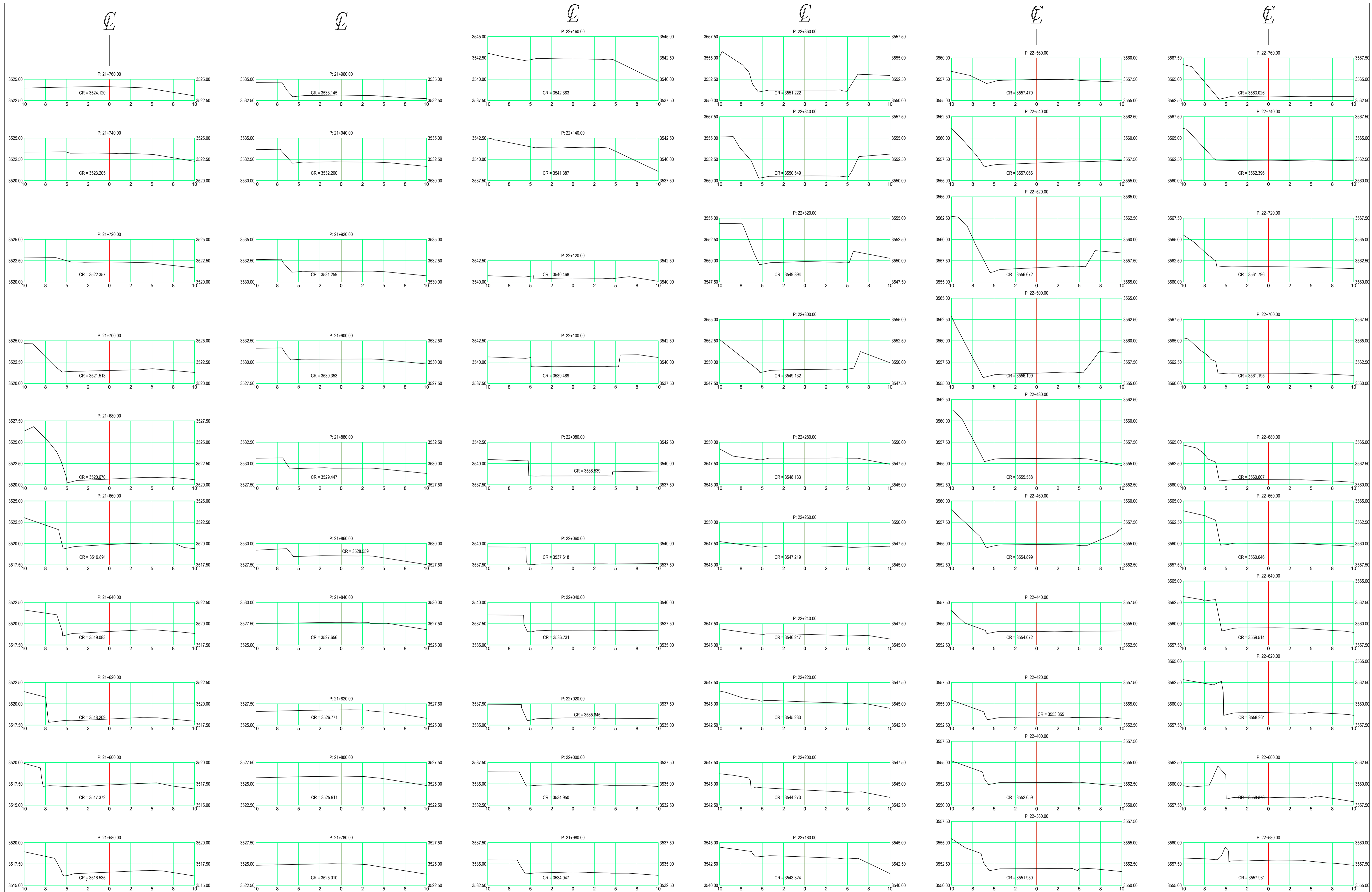
PUNTO FINAL

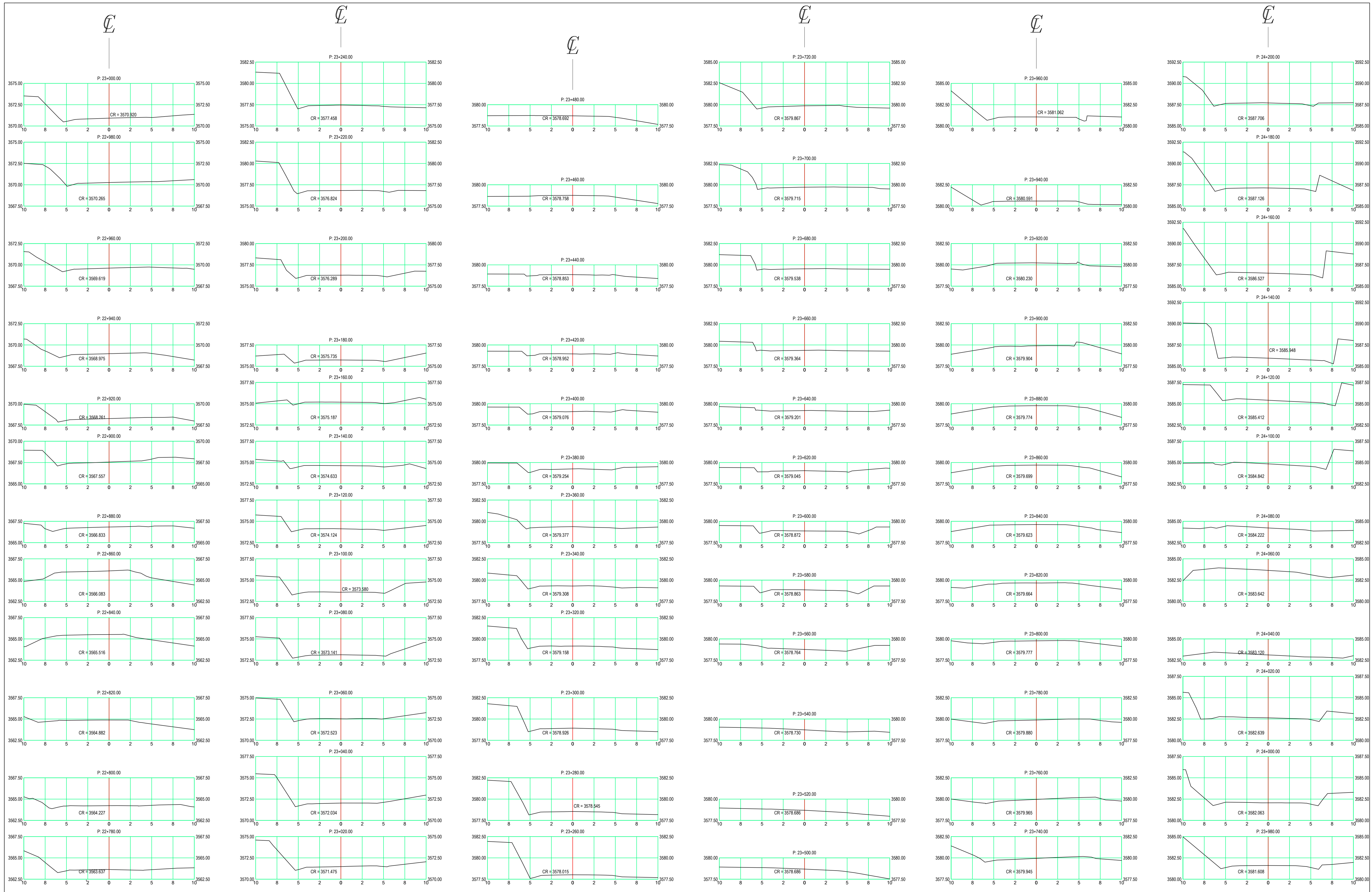


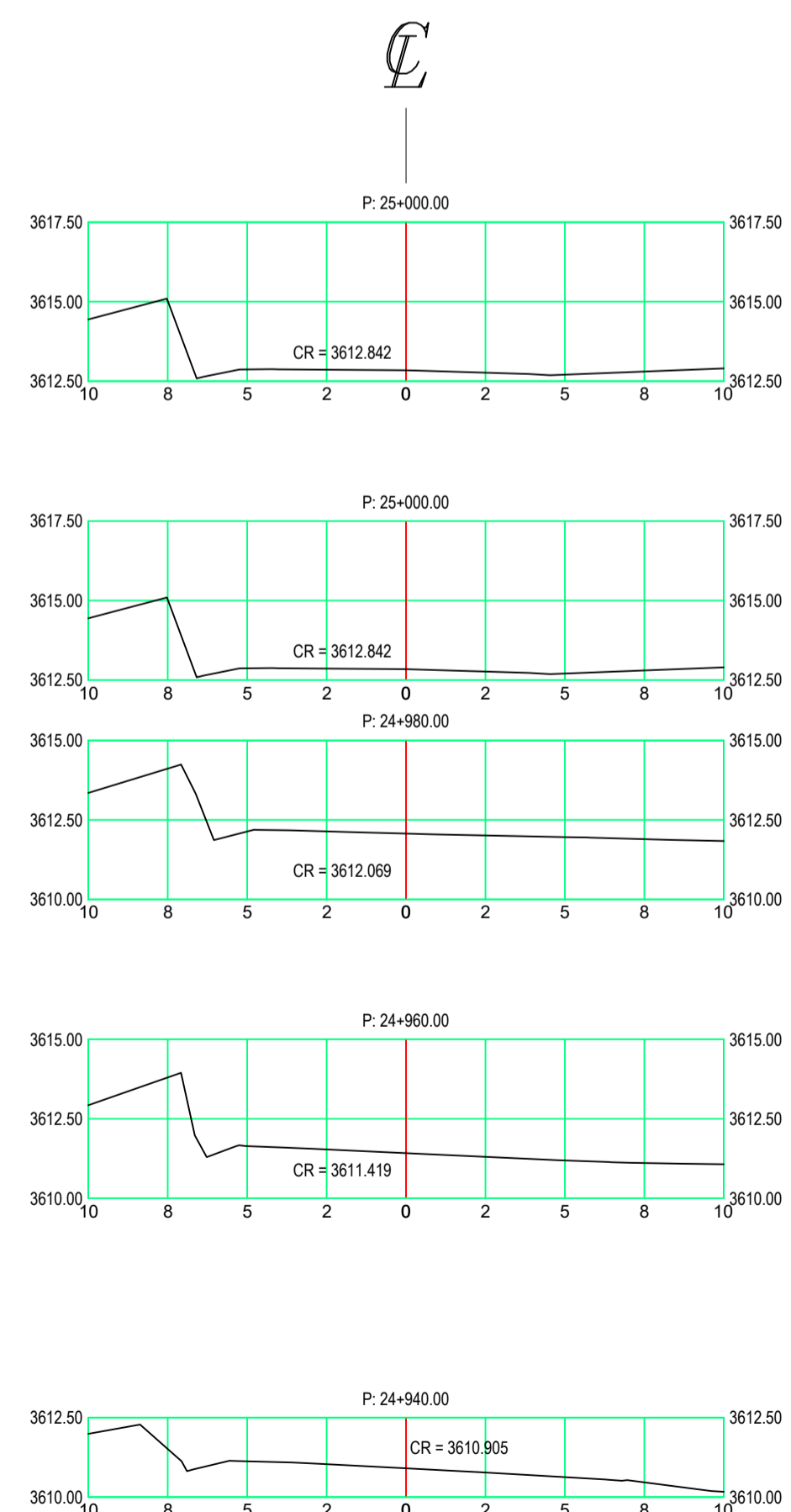
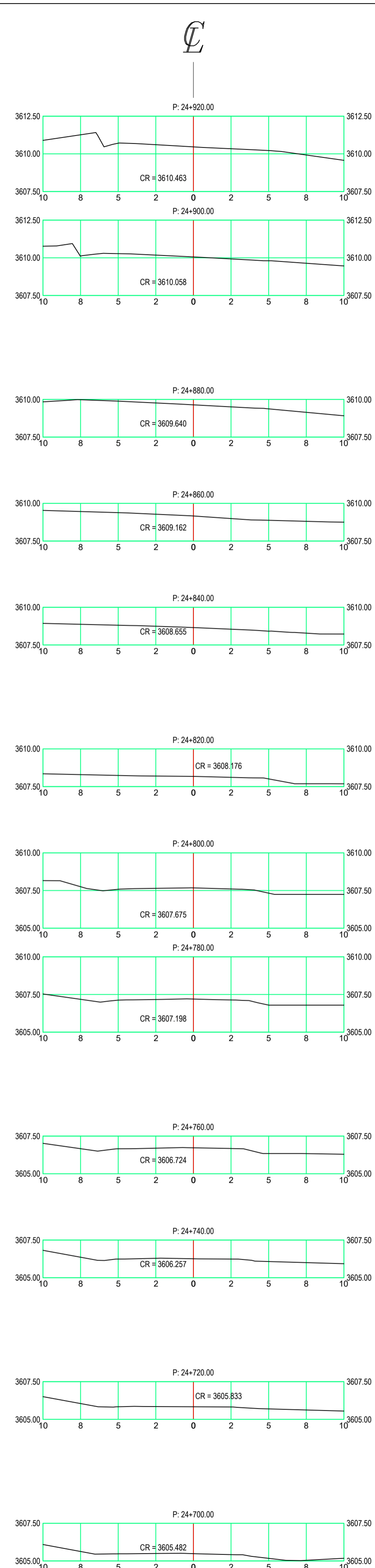
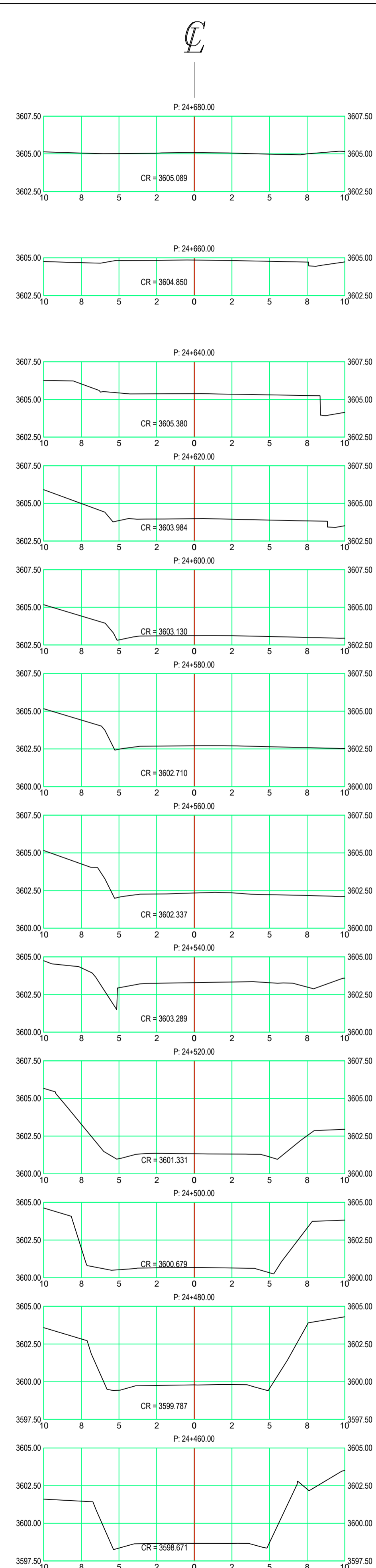
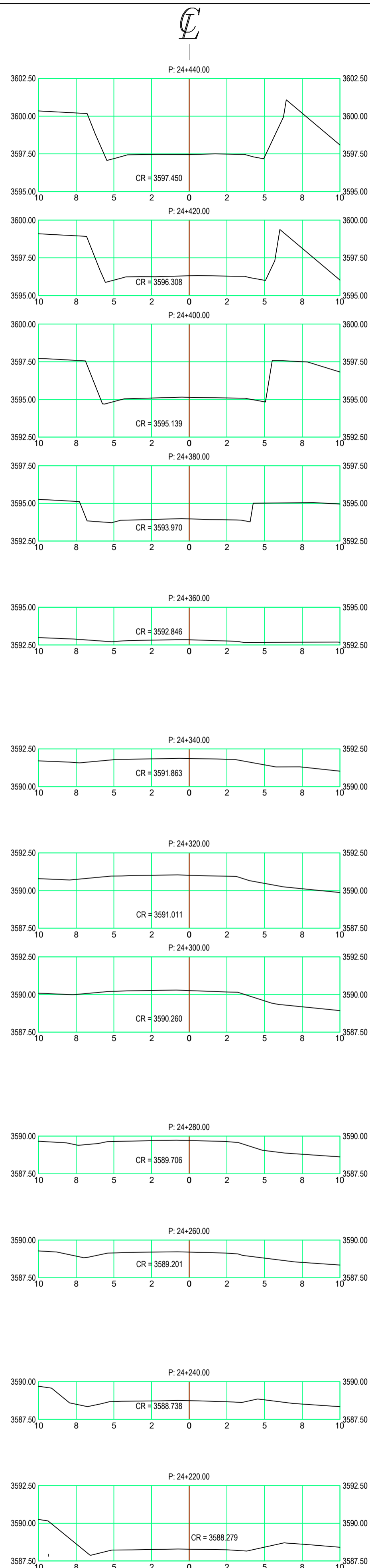
COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
PUNTOS	LONGITUD (°)	LATITUD (°)	COTA (m)
EMPALME DE CARRETERA 3N CON CARRETERA 8A	78°35'40.21"	7°02'49.52"	3612.841
COORDENADAS UTM			
PUNTO	Este (m)	Norte (m)	COTA (m)
EMPALME DE CARRETERA 3N CON CARRETERA 8A	765739.2732	9228366.9023	3612.841











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

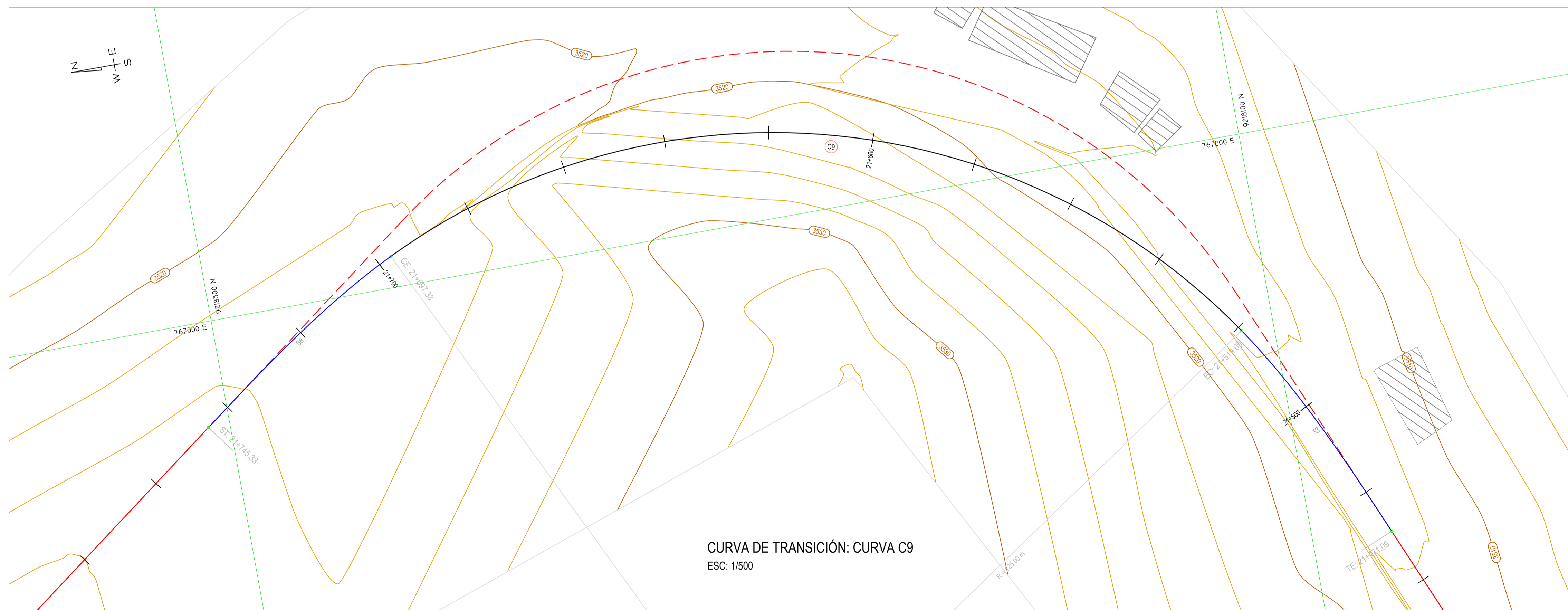
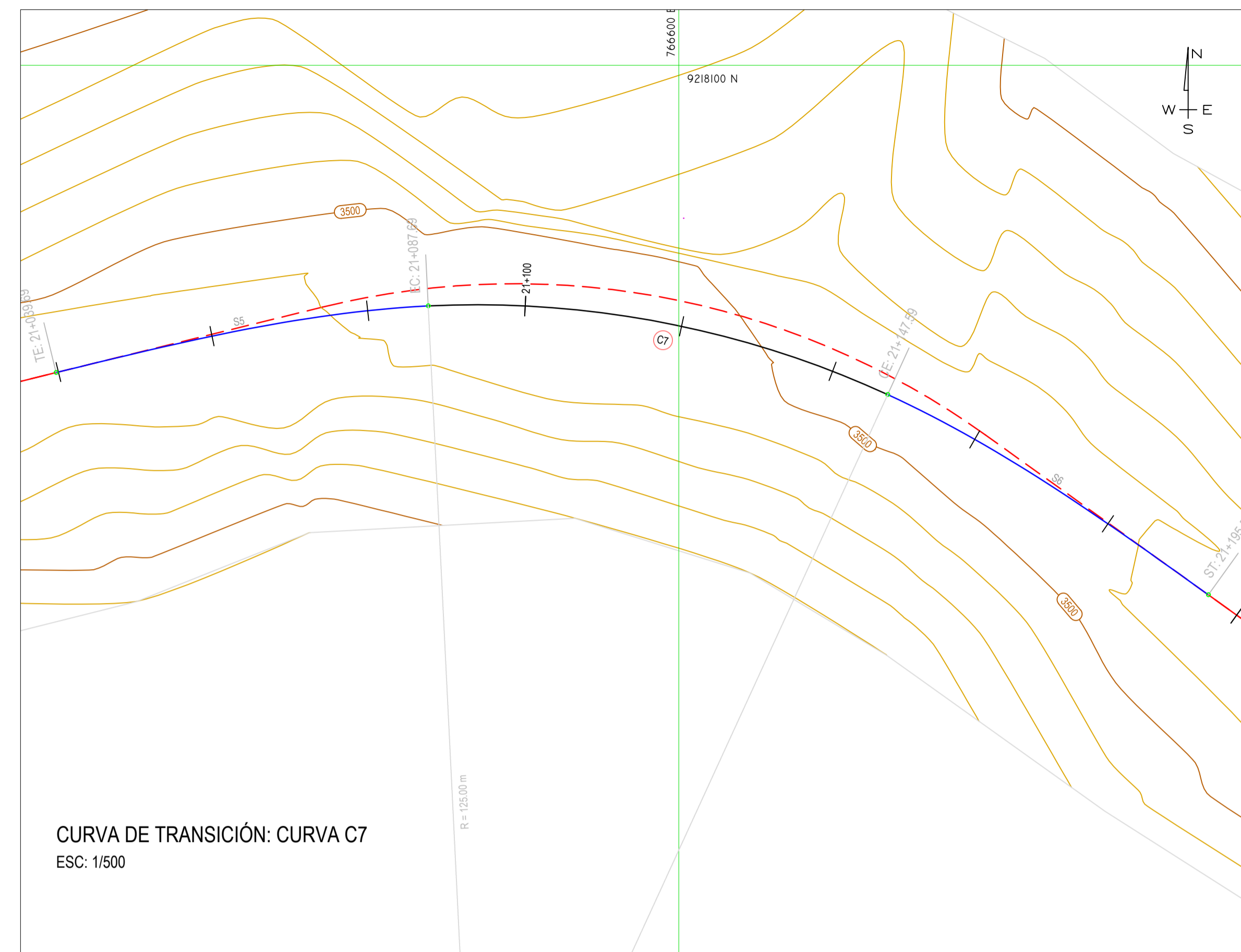
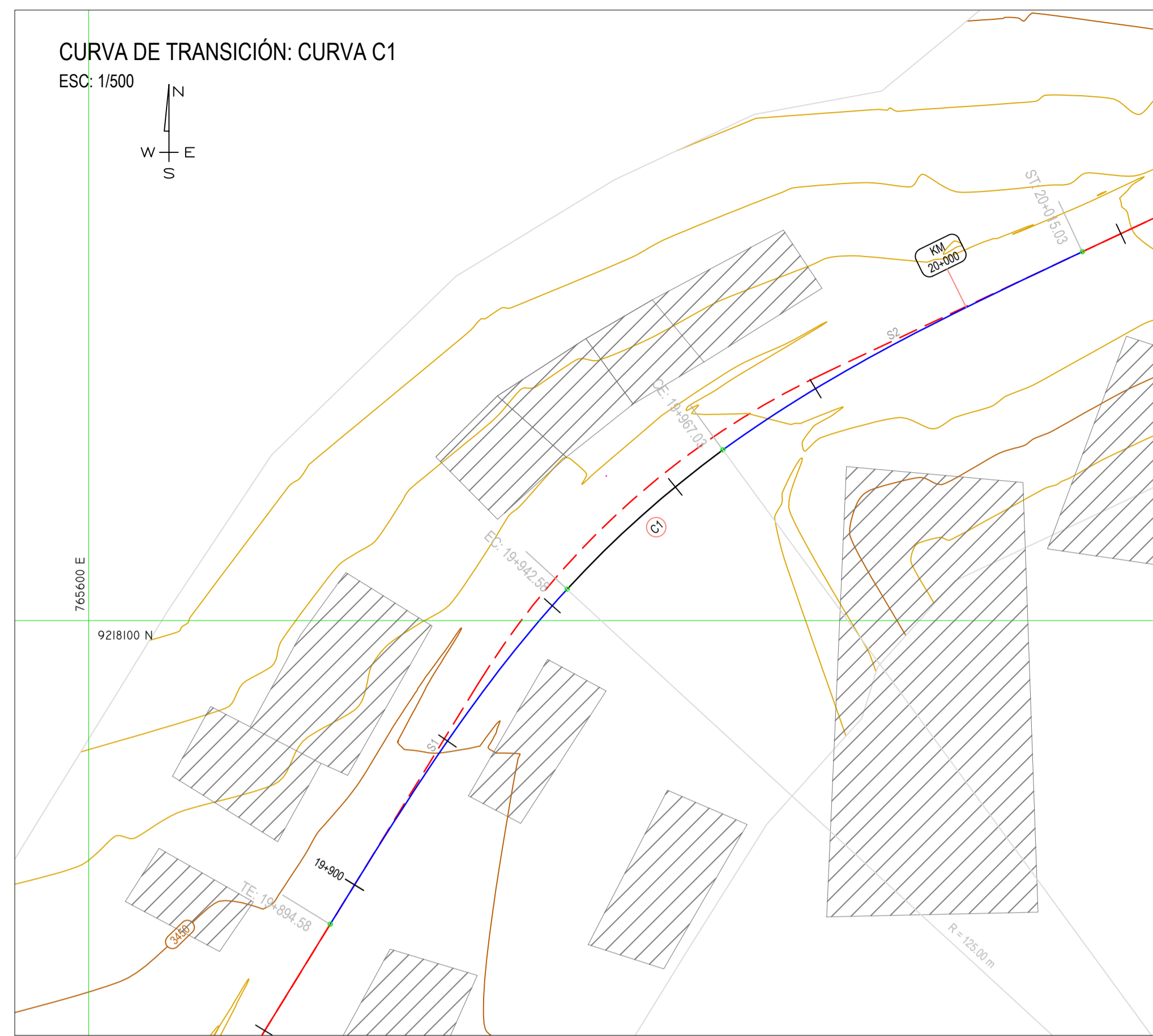


TESIS:
GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN
DE LA CARRETERA CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N
CON LA CARRETERA 8A

TESISTA: GEORGE ADOLFO JULCA ABANTO
ASESOR: ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES

DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	DISTRITO: CAJAMARCA	ESCALA: 1/200	PLANO N°: ST - 05
PROVINCIA: CAJAMARCA	DATUM: WGS 84	FECHA: JUNIO 2022	



LEYENDA

	EJE ORIGINAL
	CURVA HORIZONTAL
	CURVA DE TRANSICIÓN
	CURVAS DE NIVEL
	GRILLA
	NORTE MAGNÉTICO
	EDIFICACIONES



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



TESIS:
 GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A

TESISTA:
 GEORGE ADOLFO JULCA ABANTO
 ASESOR:
 ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

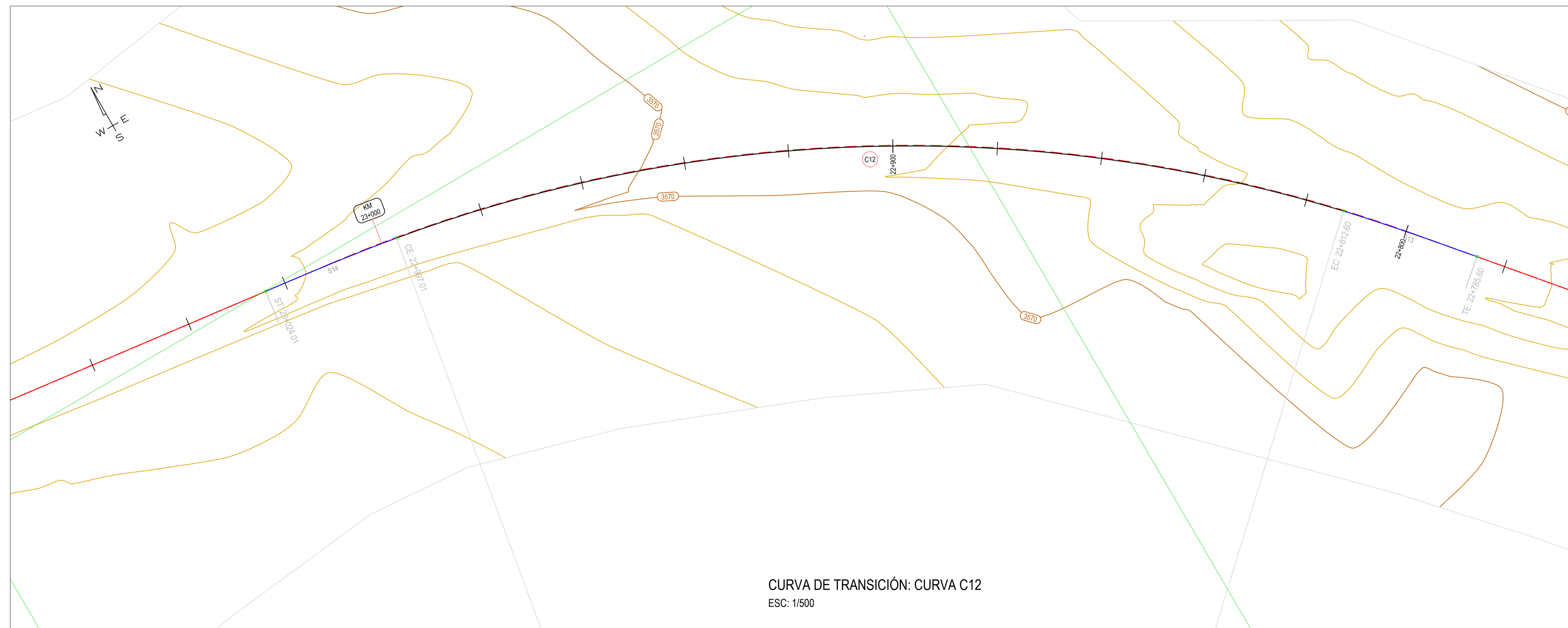
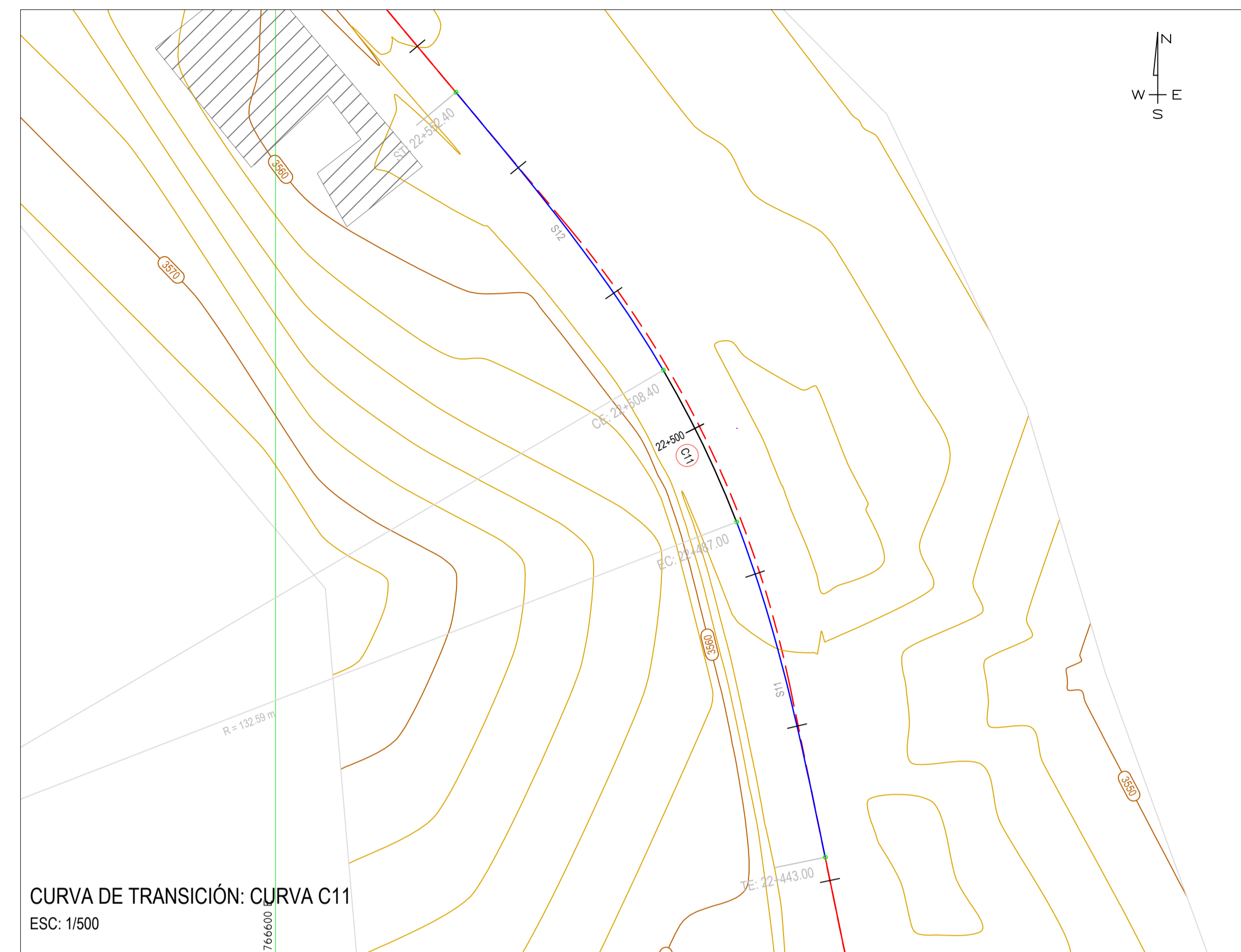
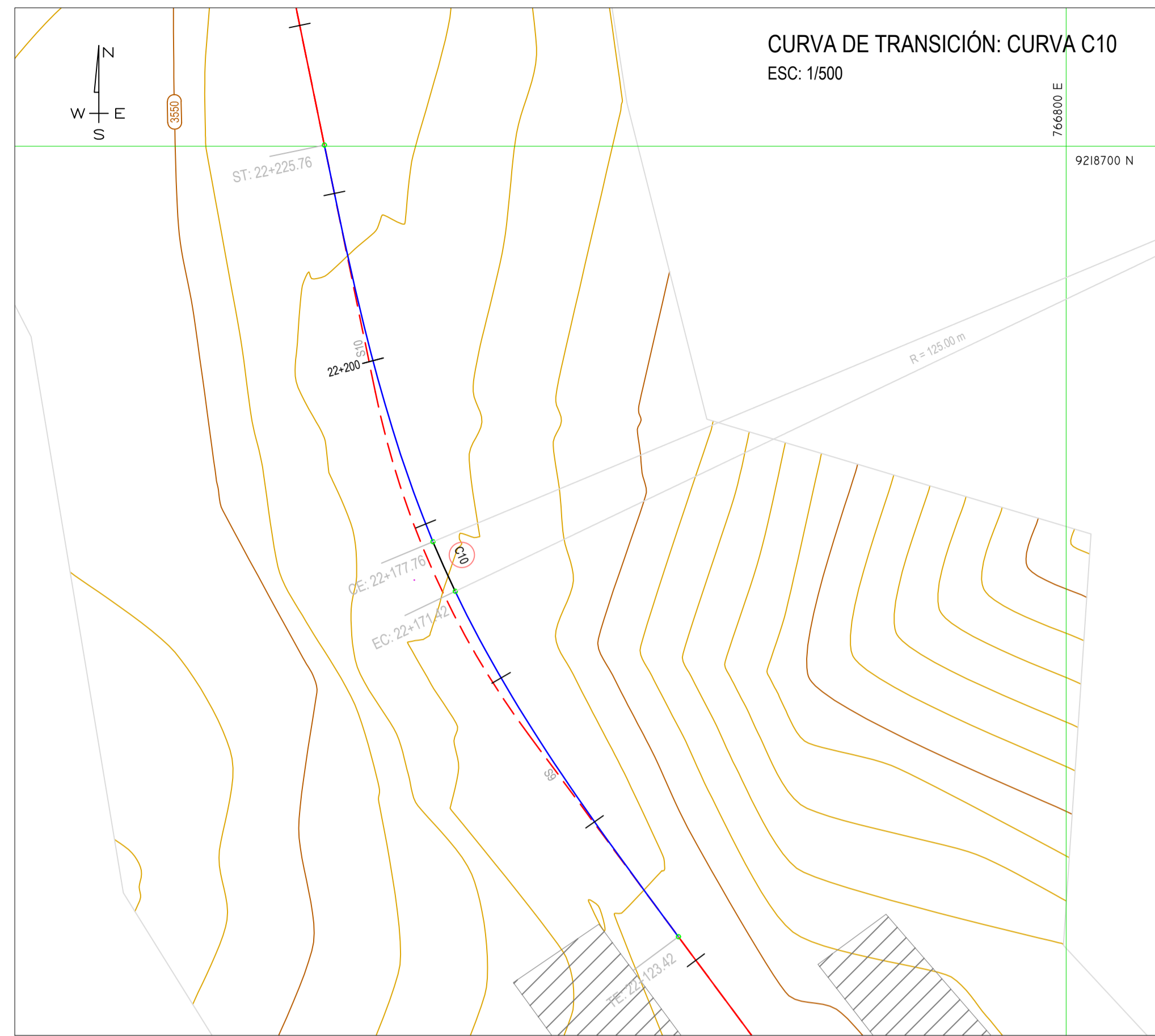
PLANO:
IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN

DEPARTAMENTO:
 CAJAMARCA
 PROVINCIA:
 CAJAMARCA

DISTRITO:
 CAJAMARCA
 DATUM:
 WGS 84

ESCALA:
 1/500
 FECHA:
 JUNIO 2022

PLANO N°:
R - 01



LEYENDA

	EJE ORIGINAL
	CURVA HORIZONTAL
	CURVA DE TRANSICIÓN
	CURVAS DE NIVEL
	GRILLA
	NORTE MAGNÉTICO
	EDIFICACIONES



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



TESIS:
GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A

TESISTA:
GEORGE ADOLFO JULCA ABANTO
ASESOR:
ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

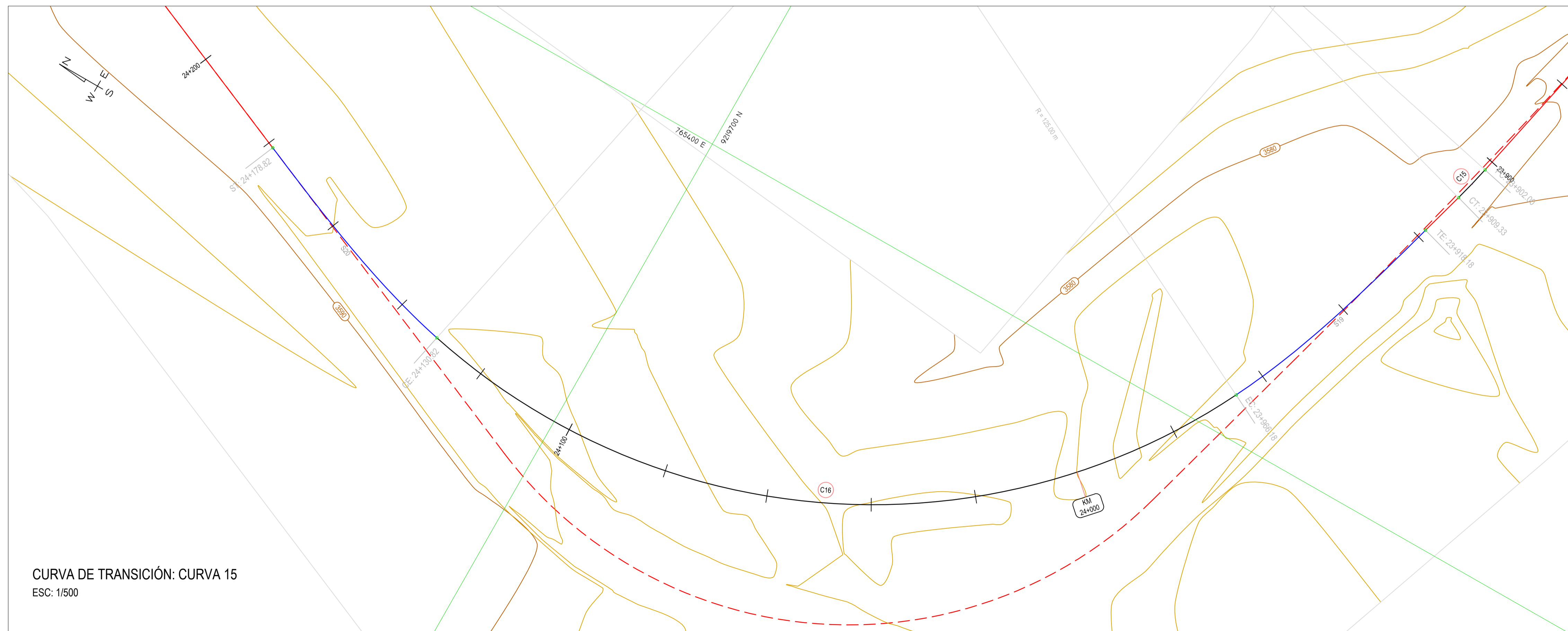
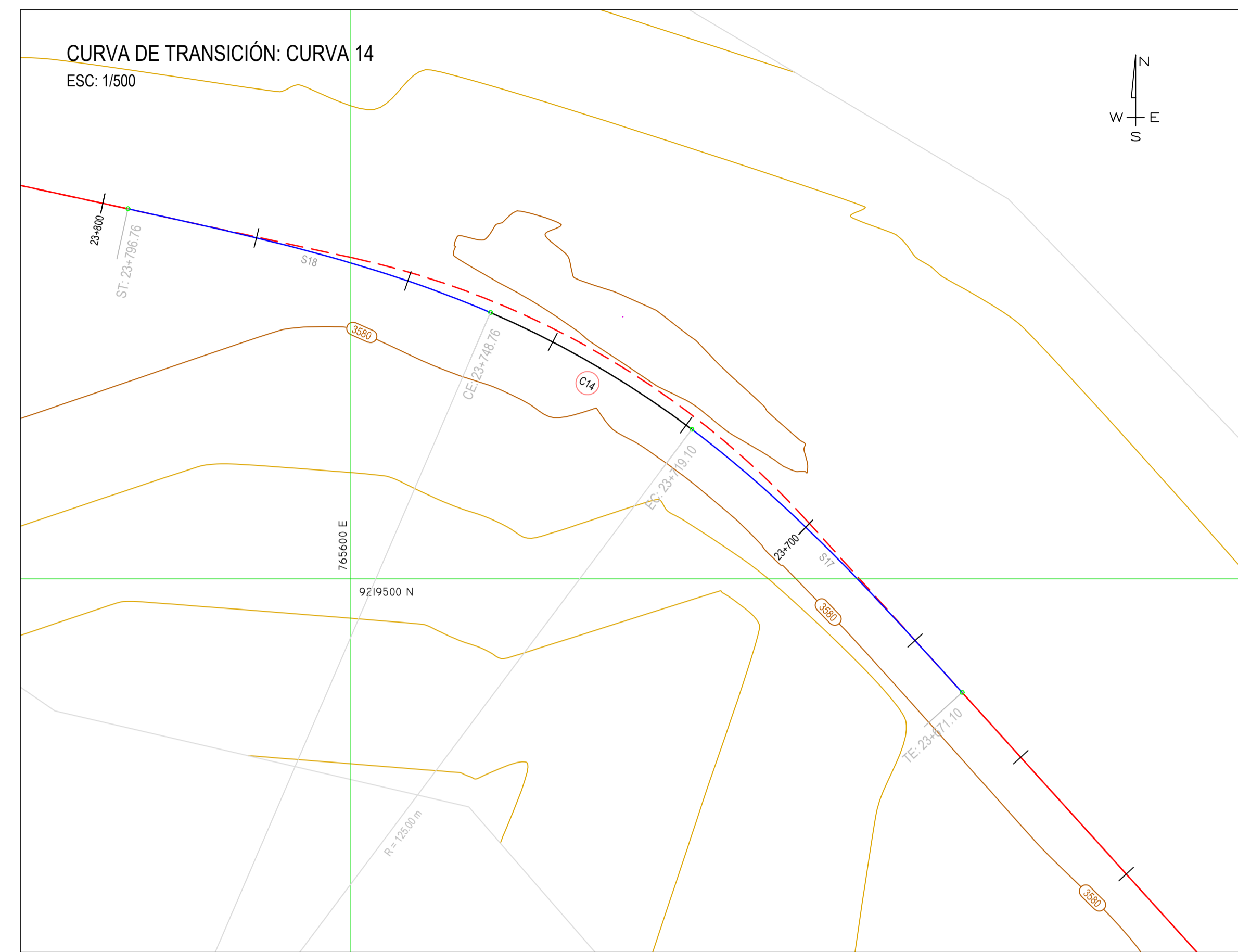
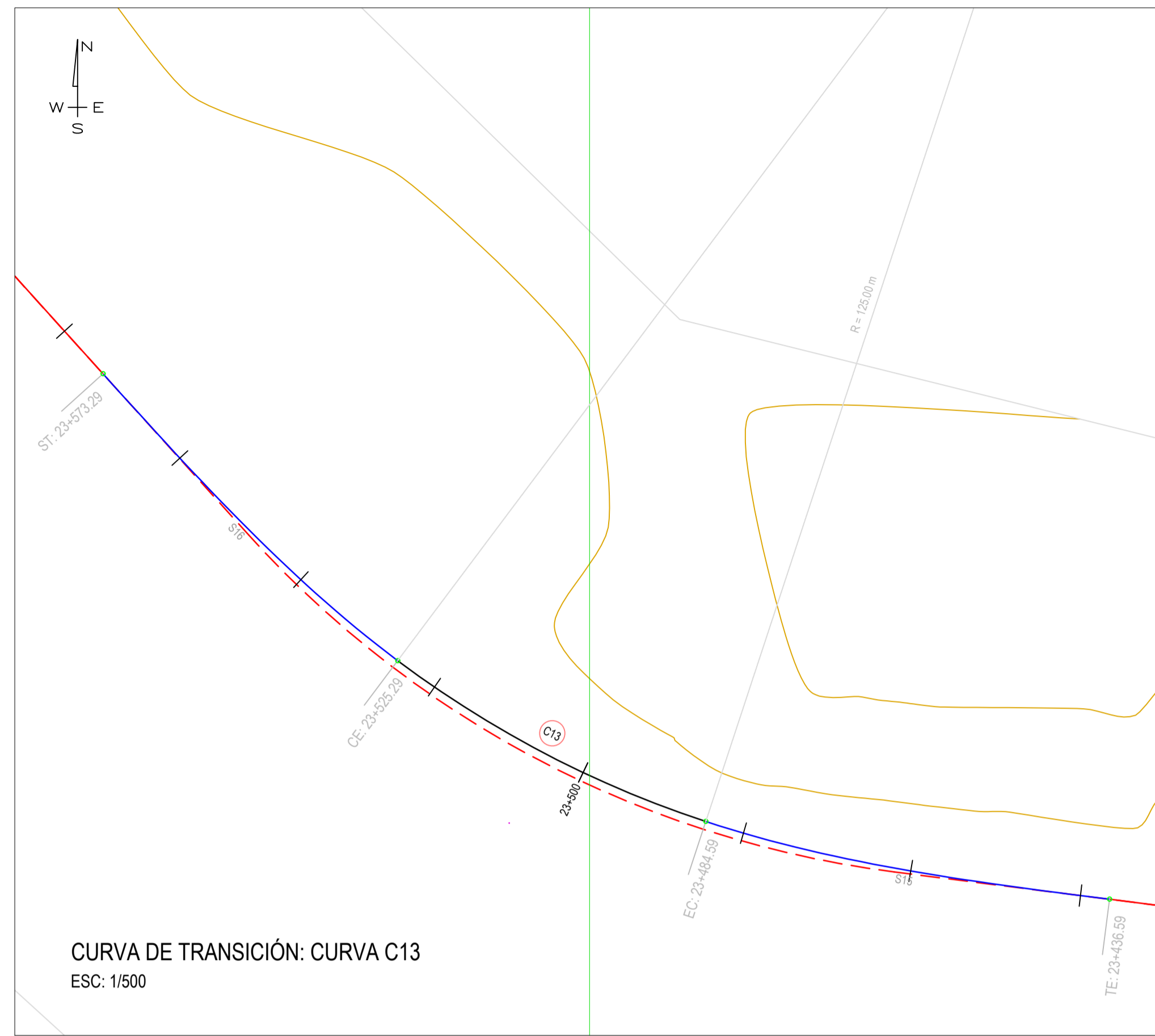
PLANO:
IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN

DEPARTAMENTO:
CAJAMARCA
PROVINCIA:
CAJAMARCA

DISTRITO:
CAJAMARCA
DATUM:
WGS 84

ESCALA:
1/500
FECHA:
JUNIO 2022

PLANO N°:
R - 02



LEYENDA

	EJE ORIGINAL
	CURVA HORIZONTAL
	CURVA DE TRANSICIÓN
	CURVAS DE NIVEL
	GRILLA
	NORTE MAGNÉTICO
	EDIFICACIONES



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



TESISTA:
GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A

TESISTA:
GEORGE ADOLFO JULCA ABANTO
ASESOR:
ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

PLANO:
IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN

DEPARTAMENTO:
CAJAMARCA
PROVINCIA:
CAJAMARCA

DISTRITO:
CAJAMARCA
DATUM:
WGS 84

ESCALA:
1/500
FECHA:
JUNIO 2022

PLANO N°:
R - 03



LEYENDA

	EJE ORIGINAL
	CURVA HORIZONTAL
	CURVA DE TRANSICIÓN
	CURVAS DE NIVEL
	GRILLA
	NORTE MAGNÉTICO
	EDIFICACIONES



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



TESIS:
 GESTIÓN DE LA SEGURIDAD VIAL POR LA IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN DE LA CARRETERA CENTRO POBLADO PORCÓN ALTO - EMPALME DE LA CARRETERA 3N CON LA CARRETERA 8A

TESISTA:
 GEORGE ADOLFO JULCA ABANTO
 ASESOR:
 ING. ALEJANDRO CUBAS BECERRA

PLANO:
IMPLEMENTACIÓN DE CURVAS DE TRANSICIÓN

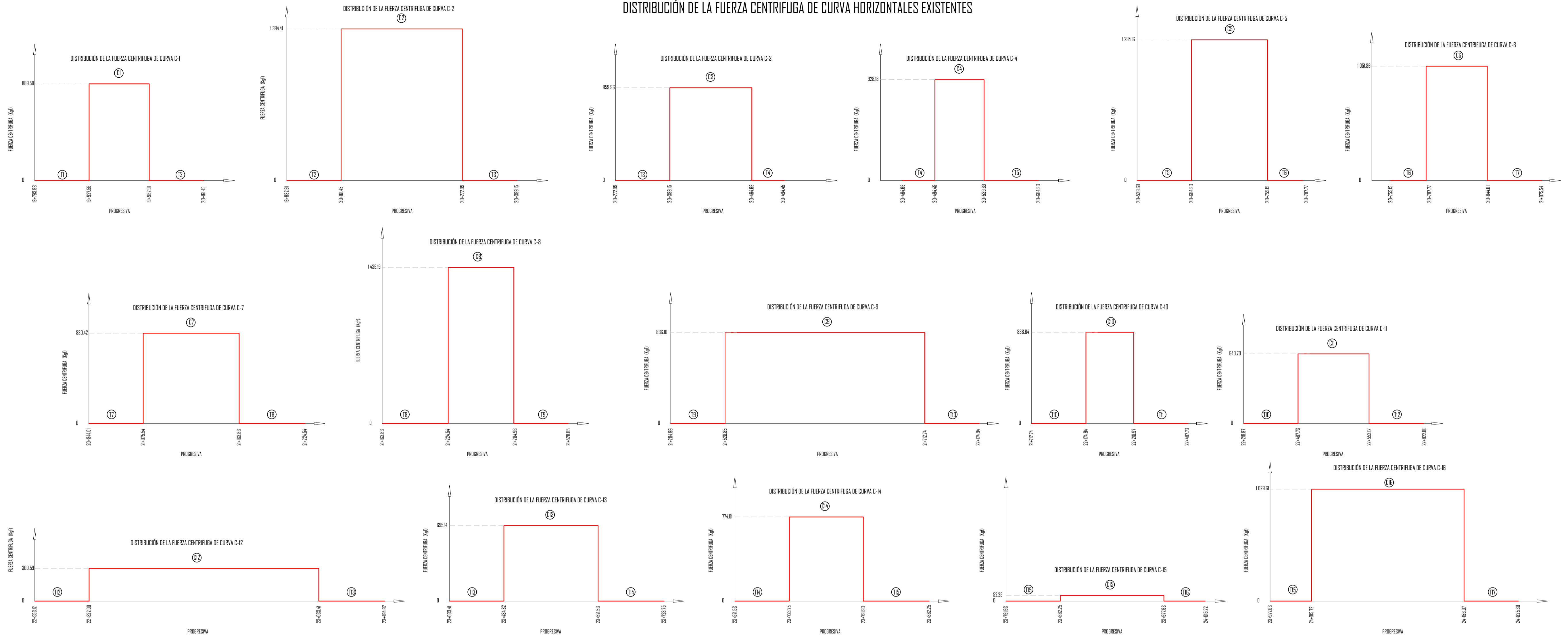
DEPARTAMENTO:
 CAJAMARCA
 PROVINCIA:
 CAJAMARCA

DISTRITO:
 CAJAMARCA
 DATUM:
 WGS 84

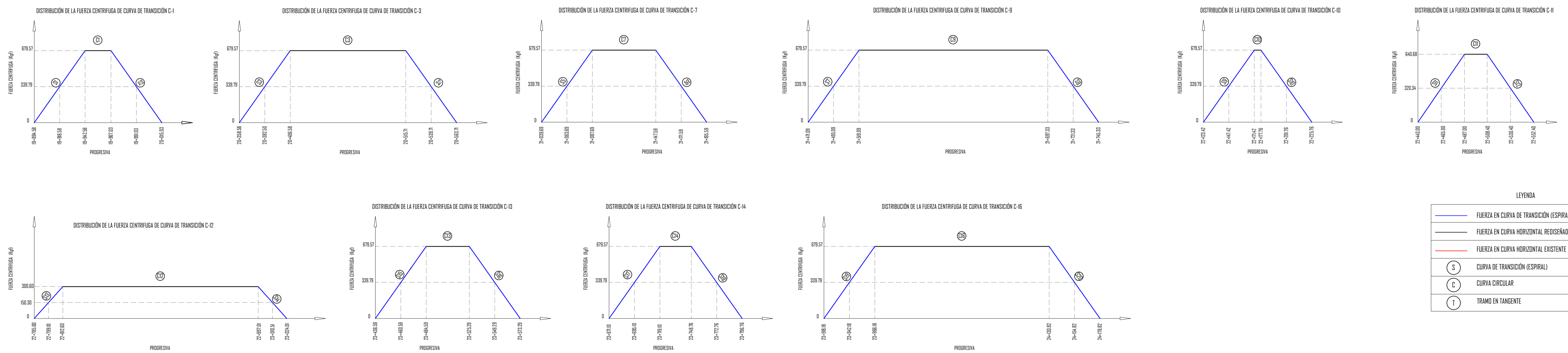
ESCALA:
 1/500
 FECHA:
 JUNIO 2022

PLANO N°:
R - 04

DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA CENTRÍFUGA DE CURVA HORIZONTALES EXISTENTES



DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA CENTRÍFUGA DE CURVA DE TRANSICIÓN REDISEÑADAS



LEYENDA

	FUERZA EN CURVA DE TRANSICIÓN (ESPIRAL) IMPLEMENTADA
	FUERZA EN CURVA HORIZONTAL REDISEÑADA
	FUERZA EN CURVA HORIZONTAL EXISTENTE
	CURVA DE TRANSICIÓN (ESPIRAL)
	CURVA CIRCULAR
	TRAMO EN TANGENTE

