

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ADADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS
ACTUALES Y PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA
CARRETERA LLULLAPUQUIO – CHETILLA, DISTRITO DE
CHETILLA, CAJAMARCA 2019”.**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. HENRY ABIMAEEL BURGOS JULCA

ASESOR:

ING. EVER RODRÍGUEZ GUEVARA

CAJAMARCA – PERÚ 2021

COPYRIGHT © 2021 by
HENRY ABIMAEI BURGOS JULCA
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTOS

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

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

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

El autor

DEDICATORIA

A Mi madre,

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

¡Gracias por darme la vida!

¡Te quiero mucho!

A Liam Axel Burgos Vargas

Quien es mi preciado hijo el cual me llena de fuerzas para seguir luchando día a día.

A todos mis seres queridos, por su apoyo moral y sus sanos consejos que contribuyeron a cristalizar esta meta.

Henry Abimael Burgos Julca.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
TABLA DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. HIPÓTESIS.....	3
1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES	3
1.4.1. Variable Independiente (VI).	3
1.4.2. Variable Dependiente (VD).	3
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.6. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.7. OBJETIVOS	4
1.7.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	6
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	6
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	7
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	8
2.2. BASES TEÓRICAS.....	11
2.2.1. CARRETERA.....	11
2.2.1.1. DEFINICIÓN	11
2.2.1.2. CLASIFICACIÓN	11
2.2.2. MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO (MDCNPBVT).....	13
2.2.2.1. Alcances del Manual	13
2.2.3.3. Clasificación por su Orografía.	15
2.2.4. FAJA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA	16
2.2.10.1. DEFINICIÓN	21
2.2.10.2. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO	21
2.2.10.3. CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO	21
2.2.10.4. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA	22
2.2.10.5. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL Y SECCIÓN TRANSVERSAL ..	36
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	43
CAPÍTULO III.....	44
MATERIALES Y MÉTODOS	44

3.1.	UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO	44
3.1.1.	UBICACIÓN POLÍTICA	44
3.2.	ÉPOCA DE INVESTIGACIÓN	48
3.3.	MATERIALES E INSTRUMENTOS	48
3.4.	PROCEDIMIENTO	51
3.4.1.	DESCRIPCIÓN DE LA CARRETERA EN ESTUDIO	51
3.5.	TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS, PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	52
3.5.1.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	52
3.5.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	52
3.5.2.1.	TIPO, NIVEL Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.5.3.	RECOLECCIÓN DE DATOS	53
3.5.4.	PROCESAMIENTO DE DATOS.	53
3.5.5.	ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	53
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		90
4.1.	CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO	90
4.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA OROGRAFÍA	91
4.3.	DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA.....	91
4.3.1.	Radio Mínimo.	91
4.3.2.	Longitud de curvas	92
4.3.3.	Longitud de Transición de Peralte	92
4.3.4.	Distancias de visibilidad en curvas horizontales.....	93

4.3.5. Sobreebancho	93
4.3.6. Peralte.....	94
4.4. ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL	94
4.4.1. Pendiente Longitudinal	94
4.4.2. Curvas Verticales-Longitud de curvas.	95
4.5. ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCION TRANSVERSAL.....	95
4.5.1. Plataforma (Ancho de calzada y bermas).....	95
4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	96
4.7. CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS	97
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
5.1. CONCLUSIONES	98
5.2. RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXOS	103
ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO	103
ANEXO 02: FORMATOS DE CONTEO VEHICULAR	112
ANEXO 03: CÁLCULO DE ELASTICIDAD DEL TRÁFICO	113
ANEXO 04: PLANOS DE CARRETERA EXISTENTE	117
ANEXO 05: PLANOS DE LA PROPUESTA DE DISEÑO.....	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2.1.2-1: Clasificación de carreteras según su demanda	11
Tabla 2.2.1.2-2: Clasificación de carreteras según su orografía	12
Tabla 2.2.2.1-1: Características para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.	13
Tabla 2.2.5-1: Ancho del derecho de vía para CBVT.....	16
Tabla 2.2.7-1: Categorías de vehículos.....	18
Tabla 2.2.9.1-1: Distancia de visibilidad de adelantamiento	20
Tabla 2.9.2-1: Distancia de visibilidad de adelantamiento	21
Tabla 2.2.10.4-1: Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal	23
3Tabla 2.2.10.4.2-1: Elementos de curvas horizontales simples.....	25
Tabla 2.2.10.4.4-1: Fricción transversal máxima en curvas	26
Tabla 2.2.10.4.5-1: Radios mínimos y peraltes máximos.....	26
Tabla 2.2.10.4.6-1: Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)	28
Tabla 2.2.10.4.6-2: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 4%	29
Tabla 2.2.10.4.6-3: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 6%	30
Tabla 2.2.10.4.6-5: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 10%	32

Tabla 2.2.10.4.6-6: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 12%	33
Tabla 2.2.10.5.1-: Consideraciones de diseño según orografía	36
Tabla 2.2.10.5.1.1-1: Casos particulares de pendientes mínimas	37
Tabla 2.2.10.5.1.1-2: Pendientes máximas permitidas de acuerdo con el tipo de carretera. ...	37
Tabla 2.2.10.5.1.2-1: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa.....	38
Tabla 2.2.10.5.1.2-2: Índice de curvatura K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.	38
Tabla 2.2.10.5.2-1: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (en metros).....	39
Tabla 2.2.10.5.2-3: Valores de peralte mínimo	40
Tabla 2.2.10.11.5.2-4: Valores de peralte máximo.....	41
Tabla 2.2.10.11.5.2-5: Valores de peralte mínimo	41
Tabla 2.2.10.11.5.2-6: Taludes de corte.....	41
Tabla 2.2.11.5.2-7: Taludes de relleno	42
Tabla 3.4.1-2: Listado de parámetros de evaluación	52
Tabla 3.5.2.1: Clasificación de la investigación	53
Tabla 3.5.6.2-1: Conteo y distribución del tránsito	54
Tabla 3.5.6.3-1: Verificación del radio mínimo.	56
Tabla 3.4.6.3-2: Verificación del radio mínimo-Cuadro resumen.....	59
Tabla 3.5.9.1-1: Elementos de curva	62
Tabla 3.5.9.2-1: Evaluación de radio mínimo.....	64
Tabla 3.4.9.2-2: Evaluación de radio mínimo-Cuadro resumen.....	65

Tabla 3.5.9.3-1: Verificación de Longitud de Curva	66
Tabla 3.4.9.3-2: Verificación de Longitud de Curva-Cuadro resumen	68
Tabla 3.5.9.4-1: Verificación de la Longitud de Transición del Peralte.....	68
Tabla 3.4.9.4-2: Verificación de la Longitud de Transición del Peralte-Cuadro resumen	70
Tabla 3.4.9.5-1: Distancia de velocidad de parada.	71
Tabla 3.5.9.5.1-2: Verificación de la distancia de visibilidad.	74
Tabla 3.5.9.5.1-2: Distancia de velocidad de parada-Cuadro resumen	78
Tabla 3.4.5.6-1: Evaluación y verificación del peralte	78
Tabla 3.4.9.6-2: Evaluación del peralte-Cuadro resumen.....	80
Tabla 3.5.9.7-1: Evaluación y verificación del sobreebanco.....	81
Tabla 3.4.9.7-2: Evaluación y verificación del sobreebanco-Cuadro resumen	82
Tabla 3.4.10.1-1: Verificación de las pendientes longitudinales-mínima y máxima.....	83
Tabla 3.4.10.1-2: Verificación de las pendientes longitudinales-mínima y máxima-Cuadro resumen	84
Tabla 3.5.10.2-1: Cálculo del índice de curvatura (K) en curvas verticales.....	84
Tabla 3.4.10.2.1-1: Evaluación de longitudes de curvas verticales	86
Tabla 3.4.10.2.1-2: Evaluación de longitudes de curvas verticales-Cuadro resumen	87
Tabla 3.5.11.1-1: Evaluación de ancho de plataforma (calzada y berma).....	87
Tabla 3.4.11.1-2: Evaluación de ancho de plataforma (calzada y berma).....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.2.10.4.2-1: Elementos de curva horizontal.....	24
Figura 2.2.10.4.8-1: Vista en planta de las distancias de visibilidad en curva horizontal	35
Figura 2.2.10.4.8 -2: Sección transversal típica de una banquetta de visibilidad.	35
Figura 2.2.11.5.2-1: Opciones de diseño de secciones típicas.....	42
Figura 3.1.1-1: Mapa de la región Cajamarca en el Perú.....	44
Figura 3.1.1-2: Mapa departamental de Cajamarca.	45
Figura 3.1.1-4: Ubicación satelital del area de estudio-Carretera CA-1303.....	46
Figura 3.3.1-1: Leica Geosystems TS-06.	48
Figura 3.3.2.-2: Leica Geosystems TS-06.	49
Figura 3.3.3-2: Leica Geosystems TS-06.	50
Figura 3.3.4-1: Formato de conteo de vehículos.....	50
Figura 3.4.7-1: Camión simple de 2 ejes “C2”.	60
Figura 3.4.9.5.1-1: Distancia de visibilidad en curva.	72
Figura 4.1-1: Distribución del tránsito (%).....	90
Figura 4.2-1: Porcentaje de distribución del tránsito (%).....	91
Figura 4.3.1-1: Porcentaje de cumplimiento de radio mínimo.	91
Figura 4.3.2-1: Porcentaje de cumplimiento de longitud de curva mínima.	92
Figura 4.3.3-1: Porcentaje de cumplimiento de la longitud de transición de peralte.....	92
Figura 4.3.4-1: Porcentaje de curvas que necesitan banquetas de visibilidad.	93
Figura 4.3.5-1: Porcentaje de cumplimiento de sbreancho calculado.	93

Figura 4.3.6-1: Porcentaje de cumplimiento de peralte.	94
Figura 4.4.1-1: Resumen porcentual del cumplimiento de la pendiente longitudinal	94
Figura 4.4.2-1: Porcentaje de cumplimiento de la longitud de curvas verticales.	95
Figura 4.5.1-1: Porcentaje de cumplimiento de ancho de plataforma.	95
Tabla 4.6-1: Resumen de Parametros de evaluación de la carretera Lullapuquio-Chetilla....	97

RESUMEN

En la presente tesis denominada “Evaluación de las características geométricas actuales y propuesta de diseño geométrico de la carretera Lullapuquio-Chetilla Cajamarca-2019” se realizó un análisis comparativo de las características geométricas de la carretera Lullapuquio – Chetilla (Km 00+000 - Km 05+116), en relación con cada uno de sus parámetros de diseño. La carretera en evaluación (Lullapuquio – Chetilla) está ejecutada a nivel de trocha, esta carretera se compone de 53 curvas horizontales, 32 curvas verticales y tiene una topografía predominante del tipo accidentada (Tipo III). Para la evaluación de la carretera en mención se realizó un reconocimiento en campo, se calculó el volumen del tránsito diario; y se hizo un levantamiento topográfico a detalle, este proceso se realizó con estación total Leica TS06 y con los datos obtenidos se realizó el modelamiento de la carretera actual en el programa AutoCAD Civil 3D-2019, con el cual se obtuvo cada una de las características geométricas de esta vía. En seguida se procedió a realizar el análisis de cada una de las características geométricas actuales de la vía obtenidas tanto en planta (radio mínimo, longitud de transición, longitud de curva, y sobreesfuerzo), como en perfil (curvas verticales y pendientes longitudinales) y secciones transversales, y se realizó un análisis comparativo con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT). El tipo de investigación es no experimental, descriptiva, la técnica es la observación directa; de acuerdo con el procedimiento se tiene un IMD actual de 15 veh/día, lo que hace que sea clasificada a esta carretera en el grupo BVT (bajo volumen de tránsito), de tipo T1. El resultado general es que las características geométricas, en promedio, cumplen en un 63% con los parámetros del diseño geométrico establecidos en el MDCNPBVT.

Palabras claves: Diseño geométrico, carretera, planta, perfil, secciones transversales.

ABSTRACT

In this thesis called "Evaluation of the current geometric characteristics and geometric design proposal of the Lullapuquio-Chetilla Cajamarca-2019 highway", a comparative analysis of the geometric characteristics of the Lullapuquio - Chetilla highway (Km 00 + 000 - Km 05 +116), in relation to each of its design parameters. The road under evaluation (Lullapuquio – Chetilla) is executed at trail level, this road is made up of 53 horizontal curves, 32 vertical curves and has a predominantly rugged topography (Type III). For the evaluation of the highway in question, a reconnaissance was carried out in the field, the volume of daily traffic was calculated; and a detailed topographical survey was carried out, this process was carried out with a Leica TS06 total station and with the data obtained, the modeling of the current road was carried out in the AutoCAD Civil 3D-2019 program, with which each of the characteristics was obtained. geometry of this road. Next, an analysis of each of the current geometric characteristics of the road was carried out, obtained both in plan (minimum radius, transition length, curve length, and widening), and in profile (vertical curves and longitudinal slopes) and cross sections, and a comparative analysis was carried out with the design manual for unpaved roads with low volume of traffic (MDCNPBVT). The type of research is not experimental, descriptive, the technique is direct observation; According to the procedure, there is a current IMD of 15 vehicles/day, which makes this highway classified in the BVT group (low volume of traffic), of type T1. The general result is that the geometric characteristics, on average, comply with 63% of the geometric design parameters established in the MDCNPBVT.

Keywords: Geometric design, road, plan, profile, cross sections.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

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

La ingeniería de transporte y vías es una ciencia y un arte puesto que una carretera debe estar bien diseñada, para ello tiene que poseer tanto armonía interna como externa, es decir, que los conductores deben tener una visión clara del paisaje y principalmente conducir de forma cómoda y segura.

Por ello, en la presente tesis se elabora un estudio que analiza y compara los distintos parámetros del diseño geométrico de la carretera CA-1304, específicamente el tramo Lullapuquio – Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116), con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT), aplicando todos los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación profesional para dar solución de problemas relacionados con la infraestructura vial, usando la metodología descriptiva-comparativa.

Esta investigación se ha dividido en cinco capítulos de gran importancia, que permite definir correctamente el desarrollo realizado, la cual, se especifica a continuación:

En el **Capítulo I**, comprende la introducción, en la cual se describe el contexto, la formulación del problema, la hipótesis, justificación, alcances, delimitaciones, objetivos y la organización de la presente tesis.

El **Capítulo II**, explica el marco teórico, comprendida por antecedentes teóricos, bases teóricas relacionadas a carretera, diseño geométrico y definición de términos básicos que presenten relación directa con la investigación.

En el **Capítulo III** se indica los materiales y métodos, donde se especifica la ubicación del proyecto de estudio, la época de investigación, procedimiento, descripción de la carretera de estudio, tratamiento, población y muestra, tipo de investigación, recolección de datos, análisis de datos y presentación de resultados.

El **Capítulo IV**, contiene el análisis comparativo y discusión de resultados comprendido por los aspectos generales de la zona de estudio, el diseño geométrico de la carretera en horizontal, perfil y sección transversal, en comparación con el manual de diseño de carreteras no

pavimentadas de bajo volumen de tránsito, y planteando un análisis general de los resultados y discusión de estos.

Finalmente, en el **Capítulo V**, las conclusiones y recomendaciones que puede aportar la investigación en base a los resultados obtenidos, incluyendo también la constatación de hipótesis planteada, con el fin de dar respuesta a la formulación del problema planteado.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región Cajamarca, se tiene un total de 4091.2 km. de infraestructura vial departamental de la cual al mes de setiembre del 2017 el 86% no se encuentra pavimentado, y de las carreteras no pavimentadas el 54.2% se encuentra afirmada, sin afirmar el 28.9%, y el 16.9% es trocha.

Después de haber realizado un recorrido de la carretera CA-1304, específicamente el tramo Lullapuquio –Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116), distrito de Chetilla, provincia de Cajamarca, se observó que se encuentra a nivel de trocha y que existen longitudes de curva horizontales menores que el mínimo (de hasta 5m), además se evidenció que las distancias de visibilidad no son adecuadas para el conductor ; es decir se identificó que algunas características de la geometría horizontal no reúne las condiciones de transitabilidad, asimismo se observó que existen pendientes que superan la máxima permitida, generando de esta manera que el tránsito no sea tan fluido por esta carretera. Otro problema encontrado es el poco mantenimiento que se realiza esta carretera, lo que ha generado que la plataforma se degrade de forma rápida debido a las mismas condiciones climáticas del lugar.

Por tal razón es que surge la necesidad de evaluar la configuración geométrica actual para así poder determinar si la carretera está eficientemente diseñado acorde con los parámetros que exige el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPVBT) y así poder determinar si la carretera en estudio brinda el confort, comodidad y seguridad para el conductor y las personas que transitan.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema que da origen a la presente investigación se formula con la siguiente interrogante: ¿Las características geométricas de la Carretera Lullapuquio – Chetilla (Km 00+000-Km 05+116), cumplen con los parámetros de diseño dispuesto en el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito?

1.3. HIPÓTESIS

Las características geométricas de la carretera Lullapuquio – Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116), no cumple con los parámetros de diseño en planta, perfil y sección transversal establecidos en el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT).

1.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.4.1. Variable Independiente (VI).

Está definida por las características geométricas de la carretera Lullapuquio– Chetilla, distrito de Chetilla, durante el proceso de análisis comparativo de su diseño geométrico.

1.4.2. Variable Dependiente (VD).

Está delimitada por el porcentaje de concordancia de los resultados obtenidos de los parámetros geométricos analizados basándose en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT).

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se justifica técnicamente porque va a permitir determinar las características geométricas de la carretera Lullapuquio - Chetilla (Km 00.0+000-Km 05+116) basado en la metodología de investigación y comparación de los parámetros de diseño mínimos normales que establece el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito para que una carretera de esta clase sea de transitabilidad eficiente.

1.6. ALCANCES O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene como finalidad evaluar las características de la carretera Lullapuquio -Chetilla (Km 00.0+000-Km 05+116) distrito de Chetilla de la provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca y así determinar si cumple con los parámetros de diseño geométrico según el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito que permitan tener una carretera segura y cómoda.

Utilización como documento guía que patrocine a profesionales interesados y pobladores implicados en el ámbito de influencia ante un posible mejoramiento de esa carretera.

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

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar el análisis comparativo de cada uno de los parámetros de diseño geométrico de la carretera Lullapuquio – Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116), distrito de Chetilla, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca en función del Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio de tráfico de la carretera Lullapuquio– Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116), distrito de Chetilla, provincia de Cajamarca, mediante el conteo de vehículos en puntos estratégicos durante una semana.
- Identificar y cuantificar los componentes geométricos, mediante el levantamiento topográfico detallado del estado actual de la carretera Lullapuquio– Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116).
- Comparar los parámetros de diseño geométrico del estado actual de la carretera Lullapuquio– Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116), distrito de Chetilla, provincia de Cajamarca con el Manual de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.
- Plantear una propuesta de diseño geométrico para mejorar las condiciones de la carretera Lullapuquio– Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116), distrito de Chetilla,

provincia de Cajamarca cumpliendo lo establecido en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Flórez, Reyes, Giraldo, Bernal y Quintana (2015), en su tesis “Incidencia de las características geométricas y de tránsito de vías en alta montaña y de bajas especificaciones geométricas sobre la accidentalidad, Caso Plan 2500: Departamento Del Quindío”. Esta presentó como objetivo general determinar la incidencia de los parámetros geométrico y de tránsito en el número de accidentes que suceden en la alta montaña, determinando que existe una correlación, las cuales presentaron resultados favorables y satisfactorios para dos de las tres vías analizadas, esta correlación entre el número de accidentes y las características geométricas de las vías en carreteras de alta montaña y bajas especificaciones en el departamento Del Quindío. Se considera que los resultados que se lograron obtener se convierten en una valiosa base para el desarrollo de más investigaciones, ya que, los resultados en otras regiones pueden llegar a ser diferentes por factores humanos.

Del mismo modo, Cifuentes (2014), en su tesis “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”. Esta investigación evalúa la incidencia del diseño geométrico en la accidentalidad vial a partir de un modelo de auditoría 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 en el tramo existente y en etapa del diseño propuesto actualmente, llegando a la conclusión de que existen curvas horizontales con radios menores a los indicados en las normas, falta de visibilidad, pendientes elevadas y la presencia de elementos laterales a la calzada, los mismos que son un peligro constante para el conductor, por lo que se recomienda que estas curvas deben ser removidas o rediseñadas acorde con las normativas vigentes de diseño geométrico.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Galan y Quispe (2018), en su investigación “Evaluación de las características geométricas de la carretera Huaraz – Pinar, aplicando las normas del M.T.C”, en Independencia, Huaraz, Ancash, 2018” realizan un estudio descriptivo de las características geométricas de la carretera Huaraz – Pinar, aplicando los parámetros mínimos exigidos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG – 2001. De esta manera los investigadores pretenden dar una alternativa de solución del diseño geométrico de la carretera en estudio finalmente los investigadores llegan a la conclusión de que de los 33 tramos tangentes que presenta la carretera, solo un tramo está diseñado con la longitud mínima, todos los tramos poseen bombeo, siendo el bombeo mínimo de 1% , los tramos en curva o curvas circulares solo el 32% cumple con poseer radios mayores que el mínimo, todas las curvas son peraltadas, con valores que varían desde 2% hasta 9%, cumpliendo con lo indicado en el Manual de carreteras DG – 2001,. En el alineamiento vertical se determinó que 23% de los tramos posee una pendiente no funcional (mayor a 8%), en cuanto a las distancias de visibilidad de parada y paso, se tiene que al evaluar las distancias de visibilidad en planta el 58% de las curvas necesita el empleo de banquetas de visibilidad por no cumplir con la distancia de visibilidad de parada y que el 30.5% de la carretera presenta distancia mínima de adelantamiento (en 3 tramos); lo cual cumple con el DG -2001, que nos indica que para la carretera en estudio el porcentaje de visibilidad adecuada para adelantar es de 25% como mínimo, las distancias de visibilidad en perfil en curvas cóncavas y convexas, todas cumplen con la distancia mínima de visibilidad de parada, pero solo 1 de las 7 curvas convexas cumple con la distancia de visibilidad de adelantamiento.

Ticona y Choque (2016), en su investigación “Evaluación del diseño geométrico del camino de carga pesada (Heavy Haul Road) proyecto minero Las Bambas - Paquete 03”. Universidad Nacional del Altiplano en Puno. Esta tesis tuvo como objetivo principal el determinar los factores de control según las normas peruanas en el diseño del camino de carga pesada en el proyecto minero Las Bambas- Paquete 03. Obteniendo como resultados de un presupuesto estimado, la suma de S/. 180,160.00 nuevos soles, además de haber evaluado un total de horas paralizadas de 1701.0 horas contabilizadas y que son relativas para remitir la información para su validación. Los investigadores concluyeron, que en la evaluación del diseño geométrico en los tramos 91+000 al 161+400, no existen alguna

similitud con la Norma Peruana del 2014, considerando así que se puede rescatar de este proyecto, los métodos para realizar un trazo y replanteo, sin considerar el diseño geométrico.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

- **Correa, K. (2017).** En su tesis titulada “Evaluación de las características geométricas de la carretera Cajamarca - Gavilán (km 173 - km 158) de acuerdo con las normas de diseño geométrico de carreteras DG-2013” esta investigación se realizó en la carretera Cajamarca – El Gavilán km 173- km 158, que es una de las vías principales de Cajamarca, utilizada tanto para el transporte de personas como de mercancía, pero también es una de las vías con mayor índice de accidentes, por lo que dicha tesis realizó el levantamiento topográfico, estudio de tráfico, suelos y el análisis del diseño geométrico de la misma, para luego compararla con el Manual de Diseño Geométrico De Carreteras actual, DG2013; y de esta manera presentar un panorama real de la situación actual en la que se encuentra la carretera evaluada con el fin de que este estudio sirva como antecedente para futuros proyectos de mejoramiento. El levantamiento topográfico se realizó de manera muy detallada, y luego de procesar los datos, se determinó una topografía accidentada; la evaluación del tráfico se realizó con el conteo de vehículos por 02 semanas consecutivas, el cual determinó que estábamos frente a una carretera de segunda clase, con esta información y ayudados por el Manual de Diseño DG-2013 se pudo determinar la velocidad directriz de diseño de 40 Km/h. Posteriormente se realizó el análisis de las características geométricas obtenidas tanto en planta (radio mínimo y tramos en tangente), como en perfil (curvas verticales) y secciones transversales, todo ello comparado con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2013. Finalmente se determinó que la carretera Cajamarca – El Gavilán km 173- km 158, no cumple con algunos parámetros de diseño geométrico dispuestos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG-2013, específicamente tramos en tangente y radios mínimos, por lo que se plantea mejorar la calidad de ciertos dispositivos de control que ayuden a garantizar la seguridad vial.

- **Huaripata, J (2018)**, en su investigación “Evaluación del diseño geométrico de la carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito tramo C.P. El Tambo – C.P. Laguna Santa Úrsula con respecto al manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito-MTC”. Universidad Nacional de Cajamarca. Tuvo como objetivo principal, evaluar la geometría de la carretera C.P. El Tambo- el C.P. Laguna Santa Úrsula, teniendo en consideración los diversos parámetros del manual del diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Obteniendo como resultados un valor promedio semanal de tráfico de 8.00, con inclinaciones transversales que varían entre 11% y 50% de pendiente transversal, considerando así una carretera de terreno ondulado de Tipo 2, pero el valor de 22% se puede decir que existe una tendencia a ser un terreno accidentado. Además de ello, se considera un alto total de 4.10 m, un ancho total de 2.60 m. y una carretera con largo de 9.10 m., un radio mínimo rueda externa en la parte delantera de 12.80 m., y trasera de 8.50 m. Llegando a la conclusión que la carretera de estudio no cumple con algunos parámetros de diseño geométrico establecidos en el manual normado.
- **Bautista, E. (2019)**. En su tesis “Análisis comparativo del diseño geométrico del camino vecinal Bambamarca- C.P Llaucán, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca; con el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito” realizó el análisis comparativo de las características geométricas del camino vecinal, Bambamarca - C.P Llaucán, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, departamento de Cajamarca, en función a sus parámetros de diseño. La carretera evaluada está ejecutada a nivel de trocha, consta de aproximadamente 8.11 Km de longitud, está compuesta por 112 curvas horizontales, 63 curvas verticales y presenta una topografía predominante ondulada (Tipo II). Para la evaluación de la carretera se realizó su reconocimiento, la estimación del volumen y características del tránsito diario; y levantamiento topográfico, dicha recolección de la información topográfica se lo hizo con el GPS Diferencial utilizando el método cinemático en tiempo real RTK y con los datos obtenidos se realizó el modelamiento de la carretera en el programa AutoCAD Civil 3D, del cual se obtuvo las características geométricas de la misma. Posteriormente se realizó el análisis de las características geométricas obtenidas tanto en planta (radio mínimo, longitud de curva, longitud de transición y sobreebanco), como en perfil (curvas verticales y pendientes longitudinales) y secciones transversales, todo ello comparado con el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPBVT). El tratamiento

investigativo es no experimental, descriptivo, la técnica es la observación directa; luego del procedimiento ejecutado y analizado se tiene un IMD actual de 42 veh/día y efectuando su proyección para 20 años con una tasa anual de 2.02%, se obtuvo un valor resultante de 62 veh/día.; clasificando al camino vecinal en el grupo BVT (bajo volumen de tránsito), de tipo T2. Se obtuvo como resultado general que dichas características geométricas, en promedio, cumplen en un 56.7% y no cumplen en un 43.3% con los parámetros del diseño geométrico establecidos en el MDCNPBVT.

- **Ortiz, F. (2018).** En esta investigación “Evaluación de la seguridad vial de la carretera Cajamarca - Otuzco en función a sus parámetros de diseño” tiene como objetivo principal evaluar la seguridad vial en la carretera, a través de la comparación de parámetros de diseño con el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2018. Se realizó el levantamiento topográfico para determinar las características geométricas de la carretera existente, de lo cual se obtuvo una longitud de 6.32 km con una sola calzada en dos sentidos de circulación; cuenta con 37 curvas horizontales y 13 curvas verticales, también se realizó un conteo vehicular durante una semana el cual nos permitió determinar que estábamos frente a una carretera que pertenece a la red vial vecinal de segunda clase, con orografía plana de tipo I; con una velocidad directriz de 60 km/h para la zona rural y de 35 km/h para la zona urbana con lo cual se logró evaluar los diferentes parámetros y se obtuvo que la distancia de visibilidad de paso, no cumplen en un 89% ; los radios mínimos no cumplen en un 41%, los peraltes no cumplen en un 81%; los sobreamchos necesarios no cumplen en un 62.5%, el ancho mínimo de calzada no cumple en un 21% de toda la longitud; el ancho de bermas no las cumple en todo el tramo. Finalmente evaluándose los diferentes parámetros de diseño geométrico; los mismos que no cumplen con el manual de diseño geométrico DG-2018, se puede concluir que la carretera Cajamarca-Otuzco es insegura y pone en riesgo la vida de los usuarios que transitan por ella.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CARRETERA

2.2.1.1. DEFINICIÓN

Crespo (2004) afirma que una carretera es una infraestructura vial que se le considera la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de alineamiento, ancho, pendientes, entre otros parámetros que permitan el rodamiento cómodo y seguro para los vehículos que transiten sobre esta.

Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de una franja de terreno denominado derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y comodidad (Cárdenas, 2015).

2.2.1.2. CLASIFICACIÓN

Las carreteras en el Perú se pueden clasificar en dos grandes grupos, según su demanda y su orografía de la zona de estudio, las cuales se detallarán a continuación:

Según su demanda

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones MTC (2018), una carretera puede ser clasificada en seis tipos según su demanda, con su característica más resaltante por la cual ha sido considerada dentro de estas clasificaciones.

Tabla 2.2.1.2-1: Clasificación de carreteras según su demanda

Clasificación	Descripción
Autopistas de Primera Clase	Estas carreteras presentan un Índice Medio Diario Anual (IMDA) mayor a 6000 veh/día.
Autopistas de Segunda Clase	Estas carreteras presentan un Índice Medio Diario Anual (IMDA) entre 6000 veh/día a 4001 veh/día.
Carreteras de Primera Clase	Son carreteras que presentan un Índice Medio Diario Anual (IMDA) entre 4000 veh/día a 2001 veh/día.
Carreteras de Segunda Clase	Son carreteras que presentan un Índice Medio Diario Anual (IMDA) entre 2000 veh/día a 400 veh/día.
Carreteras de Tercera Clase	Estas carreteras presentan un Índice Medio Diario Anual (IMDA) menores de 400 veh/día.

Trochas Carrozables	Son aquellas vías transitables, pero no alcanzan sus características para ser consideradas una carretera, contando con un Índice Medio Diario Anual (IMDA) menores de 200 veh/día.
---------------------	--

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

Según su orografía

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

Tabla 2.2.1.2-2: Clasificación de carreteras según su orografía

Clasificación	Descripción
Terreno plano (Tipo 1)	Presentan pendientes longitudinales menores del 3% y pendientes transversales menor o igual al 10%.
Terreno ondulado (Tipo 2)	Presentan pendientes longitudinales entre 3% a 6% y pendientes transversales entre 11% y 50%.
Terreno accidentado (Tipo 3)	Presentan pendientes longitudinales entre 6% y 8% y pendientes transversales entre 51% a 100%.
Terreno escarpado (Tipo 4)	Presentan pendientes longitudinales excepcional mayor a 8% y pendientes transversales al eje de la vía superiores al 100%.

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

2.2.2. MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO (MDCNPBVT)

2.2.2.1. Alcances del Manual

Relación entre demanda y características de la carretera.

La aplicación de este manual en relación con los volúmenes de la demanda de tránsito, se extienden hasta los límites que justificarían el cambio de superficie granular a rodadura pavimentada. El límite real es específico de cada caso y dependerá de la cantidad y tipo de vehículos. Y puede calcularse mediante un análisis técnico económico en cada caso específico.

La siguiente tabla resume las características básicas para las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito de acuerdo con el IMD.

Tabla 2.2.2.1-1: Características para la superficie de rodadura de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Carretera de BVT	IMD Proyectoado	Ancho de calzada (m)	Estructuras y Superficie de Rodadura (*)
T3	101-200	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado con material granular, grava de tamaño 5cm
T2	51-100	2 carriles 5.50-6.00	Afirmado con material granular
T1	16-50	1 carril (*) o 2 carriles 3.50-6.00	Afirmado con material granular natural
T0	<15	1 carril (*) 3.50-4.50	Afirmado con tierra
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural, perfilado y compactado

(*) Con plazoletas de cruce, adelantamiento o de volteo cada 500 - 1000 m; mediante regulación de horas o días, por sentido de uso.

(**) En caso de no disponer una cantera de material granular cercana a la carretera puede ser estabilizado mediante las técnicas de suelo-cemento, cal u otros.

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.17

2.2.3. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS

2.2.3.1. Clasificación por su función.

- a) Carreteras de la Red Vial Nacional.
- b) Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional.
- c) Carreteras de la Red Vial Vecinal o Rural.

2.2.3.2. Clasificación por su Demanda.

a) Autopistas de Primera Clase.

Son carreteras con Índice Medio Diario Anual (IMDA) 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.

b) Autopistas de Segunda Clase.

Son carreteras con un IMDA entre 6 000 y 4 001 veh/día, de calzadas divididas por medio de un separador central que puede variar de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular; cada una de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control parcial de accesos (ingresos y salidas) que proporcionan flujos vehiculares continuos; pueden tener cruces o pasos vehiculares a nivel y puentes peatonales en zonas urbanas.

c) 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.

d) Carreteras de Segunda Clase.

Son carreteras con IMDA entre 2 000 y 400 veh/día, con una calzada de dos carriles de 3.30 m de ancho como mínimo. Puede tener cruces o pasos vehiculares a nivel y en zonas urbanas es recomendable que se cuente con puentes peatonales o en su defecto con dispositivos de seguridad vial, que permitan velocidades de operación, con mayor seguridad.

e) Carreteras de Tercera Clase.

Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

f) Trochas Carrozables.

Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día. Sus calzadas deben tener un ancho mínimo de 4.00 m, en cuyo caso se construirá ensanches denominados plazoletas de cruce, por lo menos cada 500 m.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – DG 2018, p.12.

2.2.3.3. Clasificación por su Orografía.

a) Terreno plano (tipo 1).

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

b) Terreno ondulado (tipo 2).

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 11% y 50% y sus pendientes longitudinales se encuentran entre 3% y 6 %, demandando un moderado movimiento de tierras, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado.

c) Terreno accidentado (tipo 3).

Tiene pendientes transversales al eje de la vía entre 51% y el 100% y sus pendientes longitudinales predominantes se encuentran entre 6% y 8%, por lo que requiere importantes movimientos de tierras, razón por la cual presenta dificultades en el trazado.

d) Terreno escarpado (tipo 4).

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

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – DG 2018, p.14.

2.2.4. FAJA DE PROPIEDAD RESTRINGIDA

A cada lado del Derecho de Vía habrá una faja de terreno denominada Propiedad Restringida, donde está prohibido ejecutar construcciones permanentes que puedan afectar la seguridad vial a la visibilidad o dificulten posibles ensanches. El ancho de dicha faja de terreno será de 5,00 m a cada lado del Derecho de Vía, el cual será establecido por resolución del titular de la entidad competente; sin embargo, el establecimiento de dicha faja no tiene carácter obligatorio sino dependerá de las necesidades del proyecto, además no será aplicable a los tramos de carretera que atraviesan zonas urbanas.

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.23.

2.2.5. DERECHO DE VÍA

El derecho de vía es la franja de terreno de dominio público definida a lo largo y a ambos lados del eje de la vía por la autoridad competente. En el derecho de la vía se ubican las calzadas de circulación vehicular, las bermas, las estructuras complementarias de las vías, las zonas de seguridad para los usuarios de las vías, las áreas necesarias para las intersecciones viales, estacionamientos vehiculares en las vías públicas, las estructuras de drenaje y de estabilización de la plataforma del camino y de los taludes del camino, la señalización vial del tránsito.

El ancho mínimo debe considerar la Clasificación Funcional del Camino, en concordancia con las especificaciones establecidas por el Manual, que fijan las siguientes dimensiones:

Tabla 2.2.5-1: Ancho del derecho de vía para CBVT

Descripción	Ancho mínimo absoluto *
Carreteras de la Red Vial Nacional	15 m
Carreteras de la Red Vial Departamental	15 m
Carreteras de la Red Vial Vecinal	15 m

* 7.50 m a cada lado del eje

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.22.

2.2.6. ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL DE TRÁNSITO (IMDA)

En los estudios de tránsito pueden tratar de dos situaciones: el caso para el estudio de carreteras existentes, y el caso para para carreteras nuevas, es decir que no existen actualmente.

En el primer caso, el tránsito existente podrá proyectarse mediante los sistemas convencionales que se indican a continuación. El segundo caso requiere de un estudio de desarrollo económico zonal o regional que lo justifique.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito que determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinado por el MTC para las diversas zonas del país.

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula simple:

$$T_n = T_o(1 + i)^{n-1} \quad \dots \text{(Ecuación. 1)}$$

En la que:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día .

T_o = Tránsito actual (año base 0) en veh/día .

n = Años del periodo de diseño.

i = Tasa anual de crecimiento de tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio – económico,

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.28.

Para los casos en que no se dispone de la información sobre la variación diaria estacional de la demanda, se requerirá realizar estudios que permitan localmente establecer los volúmenes y características del tránsito diario, en por lo menos (3) días típicos, es decir, normales, de la actividad local.

2.2.7. VEHÍCULO DE DISEÑO

Según Delzo (2018), es necesario conocer el vehículo que servirá como parámetro de diseño, los cuales transitarán en una determinada vía, pero tomando en consideración aquel vehículo de mayores dimensiones que vaya a ser empleada en la carretera proyectada.

El vehículo de diseño tiene influencia en el diseño geométrico de una carretera, desde sus características físicas, distintos tamaños de vehículos que circulan en una infraestructura, siendo así estos criterios, elementos clave en su definición geométrica (MTC, 2018).

- *Clasificación por tipo de vehículo de diseño*

Según el Reglamento Nacional de Vehículos, se puede determinar las siguientes categorías de vehículos:

Tabla 2.2.7-1: Categorías de vehículos

Categoría	Sub- categoría	Descripción
Categoría L	L1	Vehículos de dos ruedas, de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h.
	L2	Vehículos de tres ruedas, de hasta 50 cm ³ y velocidad máxima de 50 km/h.
	L3	Vehículos de dos ruedas, de más de 50 cm ³ ó velocidad mayor a 50 km/h.
	L4	Vehículos de tres ruedas asimétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm ³ ó una velocidad mayor de 50 km/h.
	L5	Vehículos de tres ruedas simétricas al eje longitudinal del vehículo, de más de 50 cm ³ ó velocidad mayor a 50 km/h y cuyo peso bruto vehicular no excedan de una tonelada.
Categoría M	M1	Vehículos de ocho asientos o menos, sin contar el asiento del conductor.
	M2	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de 5 toneladas o menos.
	M3	Vehículos de más de ocho asientos, sin contar el asiento del conductor y peso bruto vehicular de más de 5 toneladas.
Categoría N	N1	Vehículos de peso bruto vehicular de 3,5 toneladas o menos.
	N2	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 3,5 toneladas hasta 12 toneladas.

Categoría	Sub- categoría	Descripción
Categoría O	N3	Vehículos de peso bruto vehicular mayor a 12 toneladas.
	O1	Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.
	O2	Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.
	O3	Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.
	O4	Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.
Categoría S	SA	Casas rodantes
	SB	Vehículos blindados para el transporte de valores
	SC	Ambulancias
	SD	Vehículos funerarios.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – DG 2018.

2.2.8. VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño permite la determinación de diversos criterios en los elementos geométricos de una carretera, desde sus alineamientos horizontales, transversal y perfil, como sus pendientes máximas, radios mínimos, distancias de visibilidad, anchos de bermas, carriles, peraltes, sobrecanchos, entre otras características.

La velocidad que sea elegida para el diseño da entender que es aquella velocidad máxima que podrá mantener los vehículos que transitan sobre una infraestructura vial con comodidad y seguridad sobre una sección determinada (MTC, 2018).

2.2.9. DISTANCIA DE VISIBILIDAD

La distancia de visibilidad es la longitud continua hacia delante de la carretera que es visible al conductor del vehículo. En diseño, se consideran tres distancias: la de visibilidad suficiente para detener el vehículo; la necesaria para que un vehículo adelante a otro que viaja a velocidad inferior en el mismo sentido; y la distancia requerida para cruzar o ingresar a una carretera de mayor importancia

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.37.

2.2.9.1. Distancia de visibilidad de adelantamiento.

Distancia de Visibilidad de Paso (o adelantamiento), es la mínima que debe estar disponible, a fin de facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que se supone viaja a una velocidad 15 Km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer vehículo que viaja en sentido contrario a la velocidad directriz, y que se hace visible cuando se ha iniciado la maniobra de sobrepaso.

Para efecto de la determinación de la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la del ojo del conductor del vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento es 1.10 m. La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera cuando no existen impedimentos impuestos por el terreno y que se reflejan, por lo tanto, en el costo de construcción. La distancia de visibilidad de adelantamiento a adoptarse varía con la velocidad directriz tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 2.2.9.1-1: Distancia de visibilidad de adelantamiento

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

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.39.

2.2.9.2. Distancia de visibilidad de parada.

Es la longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad directriz, antes que alcance un objeto que se encuentra en su trayectoria.

Para efecto de la determinación de la visibilidad de parada se considera que el objeto inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera.

La pendiente ejerce influencia sobre la distancia de parada. Esta influencia tiene importancia práctica para valores de la pendiente de subida o bajada iguales o mayores a 6%.

En todos los puntos de la carretera, la distancia de visibilidad será igual o superior a la distancia de visibilidad de parada. En la tabla 2.2.10.1-1 se muestran las distancias de visibilidad de parada, con función a la velocidad directriz y de la pendiente.

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

Para el caso de distancia de visibilidad de cruce, se aplica los mismos criterios que los de visibilidad de parada.

Tabla 2.9.2-1: Distancia de visibilidad de adelantamiento

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

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.37

2.2.10. DISEÑO GEOMÉTRICO.

2.2.10.1.DEFINICIÓN

Reyes (2018) afirma el diseño geométrico de carreteras es una técnica brindada por la ingeniería civil para situar un determinado trazado en una calle o carretera de un terreno.

El diseño geométrico se le conoce como el proceso de correlacionar elementos físicos de la vía con la operación necesaria que deben realizar los vehículos y las características que presente el terreno y pueda influenciar en él.

2.2.10.2.CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

Según Condori (2019) dentro de las consideraciones necesarias e importantes para el diseño geométrico de una carretera, se consideran lo siguiente:

- Seguridad vial.
- Funcionalidad.
- Estética y armonía.
- Economía.
- Confort o comodidad.
- Adaptación al entorno natural.

2.2.10.3.CRITERIOS BÁSICOS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO

El Manual de Carreteras “Diseño Geométrico”, es un documento normativo encargado de organizar, recopilar técnicas y procedimientos para el diseño de la infraestructura vial,

además de brindar parámetros específicos para la elaboración de un diseño geométrico y dentro de estos criterios, se pueden determinar los siguientes.

2.2.10.4.DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

Definición.

El diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura variable, que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente (MTC, 2018).

2.2.10.4.1. Consideraciones para el alineamiento horizontal.

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

El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección, el trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz. La velocidad directriz, a su vez, controla la distancia de visibilidad.

Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo, están dados en función de la velocidad directriz, a la fricción transversal y al peralte máximo aceptable.

En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse, el empleo de curvas con radio mínimo. En general se deberá tratar de usar curvas de radio amplio, reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas.

Al término de tangentes largas, donde es muy probable que las velocidades de aproximación de los vehículos sean mayores que la velocidad directriz, las curvas horizontales tendrán radios de curvatura razonablemente amplios.

Deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de grandes radios a otra de radios marcadamente menores. Deberá pasarse en forma gradual, intercalando entre una zona y otra, curvas de radio de valor decreciente, antes de alcanzar el radio mínimo.

Si el alineamiento se presenta cambios de dirección reducido, entonces no se requiere curva horizontal para estos pequeños ángulos de deflexión. En la tabla siguiente se muestran los ángulos de inflexión máximos para los cuales no es requerida la curva horizontal.

Tabla 2.2.10.4-1: Ángulos de deflexión máximos para los que no se requiere curva horizontal

Velocidad directriz (Km./h)	Deflexión máxima aceptable sin curva circular
30	2° 30'
40	2° 15'
50	1° 50'
60	1° 30'

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.40.

Para evitar la apariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para ángulos de deflexión mayores a los indicados en la tabla 2.9.11.4.1-1, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m.

Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera deberán ser evitados. Estos cambios se efectuarán en decrementos o incrementos de 15 km/h.

Se evitará, en lo posible, los desarrollos artificiales. Cuando las condiciones del relieve del terreno hagan indispensable su empleo, el proyectista hará una justificación de ello. Las ramas de los desarrollos tendrán la máxima longitud posible y la máxima pendiente admisible, evitando la superposición de varias de ellas sobre la misma ladera.

Al proyectar una sección de carretera en desarrollo, será, probablemente, necesario reducir la velocidad directriz.

Deben evitarse los alineamientos reversos abruptos. Estos cambios de dirección en el alineamiento hacen que sea difícil para los conductores mantenerse en su carril.

También es difícil peraltar adecuadamente las curvas. La distancia entre dos curvas reversas deberá ser por lo menos la necesaria para el desarrollo de las transiciones de peralte.

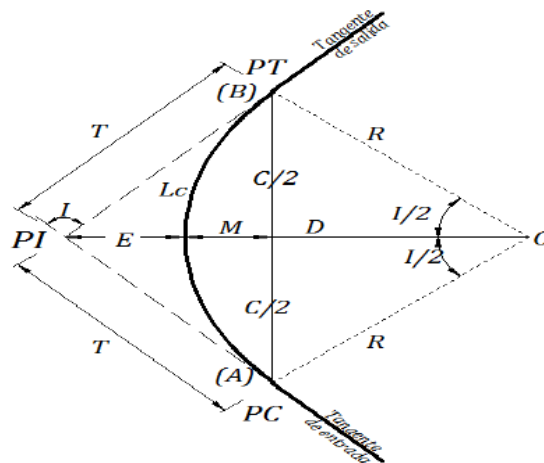
No son deseables dos curvas sucesivas del mismo sentido, cuando entre ellas existe un tramo corto, en tangente. En lo posible se sustituirán por una sola curva, o se intercalará una transición en espiral dotada de peralte.

2.2.10.4.2. Curvas Horizontales.

Son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal para unir dos tangentes consecutivas, las que pueden ser simples o compuestas si tienen un solo radio y dos o más radios respectivamente.

Los componentes geométricos de una curva se muestran en la figura 2.9.11.4.2-1.

Figura 2.2.10.4.2-1: Elementos de curva horizontal



Fuente: NORMA DG-2001

- PC:** Punto de inicio de curva
- PI:** Punto de Intersección
- PT:** Punto de tangencia
- E:** Distancia a externa (m)
- M:** Distancia de la ordenada media (m)
- R:** Longitud de Radio de curvatura
- T:** Longitud de Subtangente (P.C. a P.I. y P.I a P.T.) (m)
- LC:** Longitud de curvatura (m)
- C:** Longitud de cuerda (m)
- I:** Angulo de deflexión

Tabla 2.2.10.4.2-1: Elementos de curvas horizontales simples.

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

FUENTE: NORMA DG-2001

2.2.10.4.3. Curvas compuestas

En general, se evitará el empleo de curvas compuestas, tratando de reemplazarlas por una sola curva.

En casos excepcionales podrán usarse curvas compuestas o curvas poli-céntricas de tres centros. En tal caso, el radio de una no será mayor que 1.5 veces el radio de la otra

2.2.10.4.4. Radios de diseño

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que esta dado en función del valor máximo del peralte y el factor máximo de fricción seleccionados para una velocidad directriz y mantener la estabilidad debido a que el vehículo al entrar en curva se presenta la fuerza centrífuga y evitar que el móvil siga de frente. El valor del radio mínimo puede ser calculado por la expresión:

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

Dónde:

Rmín = Radio mínimo en metros.

V = Velocidad de diseño en Km/h.

emáx = Peralte máximo de la curva en valor decimal.

fmáx = Factor máximo de fricción.

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.44.

Los valores máximos de la fricción lateral a emplearse son los que se señalan en la siguiente tabla.

Tabla 2.2.10.4.4-1: Fricción transversal máxima en curvas

Velocidad directriz (Km./h)	$f_{m\acute{a}x}$
20	0.18
30	0.17
40	0.17
50	0.16
60	0.15

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.44.

2.2.10.4.5. Peralte

El peralte es la sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo, con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga, las curvas horizontales deben ser peraltadas.

Este valor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P (\%) = \frac{V^2}{2.28 R} \quad \dots \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde:

P (%) : Peralte calculado en porcentaje.

V : Velocidad directriz (Km/h)

R : Radio de curva horizontal (m)

El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

En caminos cuyo IMDA de diseño sea inferior a 200 vehículos por día y la velocidad directriz igual o menor a 30 km/h, el peralte de todas las curvas podrá ser igual al 2.5%

En la siguiente tabla se muestra los valores de radios mínimos y peraltes máximos.

Tabla 2.2.10.4.5-1: Radios mínimos y peraltes máximos

Velocidad directriz (Km./h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35

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

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.45.

2.2.10.4.6. Longitud de transición de Peralte.

Se define como la variación en tangente inmediatamente antes y después de una curva horizontal en la cual se logra el cambio gradual del bombeo de la sección transversal al peralte correspondiente a dicha curva, es decir que se utiliza con el fin de evitar la brusquedad en el cambio de una alineación, de un tramo recto a un tramo en curva.

En la siguiente tabla se muestran los valores mínimos de transición de bombeo y de transición de peralte en función de la velocidad directriz y el peralte.

Tabla 2.2.10.4.6-1: Longitudes mínimas de transición de bombeo y transición de peralte (m)

Velocidad directriz (Km./h)	Valor del peralte						Transición de bombeo
	2%	4%	6%	8%	10%	12%	
	Longitud de transición de peralte (M)*						
20	9	18	27	36	45	54	9
30	10	19	29	38	48	57	10
40	10	21	31	41	51	62	10
50	11	22	32	43	54	65	11
60	12	24	36	48	60	72	12

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.46.

El giro del peralte se hará, en general, alrededor del eje de la calzada. En los casos especiales, como, por ejemplo, en terreno muy llano, puede realizarse el giro alrededor del borde interior cuando se desea resaltar la curva.

En los cuadros siguientes se indican los valores de los peraltes requeridos y sus correspondientes longitudes de transición para cada velocidad directriz en función de los radios adoptados.

Para los casos en que se haya previsto el empleo de curvas espirales de transición, se verificará que la longitud de estas curvas espirales permita la variación del peralte en los límites indicados, es decir, que la longitud resulte mayor o igual a la que se indica en los cuadros siguientes.

Tabla 2.2.10.4.6-2: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 4%

R (m)	V=20Km/h		V=30Km/h		V=40Km/h		V=50Km/h		V=60Km/h	
	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	0	BH	12
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	BH	12
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.1	13
700	BN	0	BN	0	BH	0	BH	11	2.3	14
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.1	12	2.5	15
500	BN	0	BN	0	BH	10	2.3	13	2.7	16
400	BN	0	BN	0	2.1	11	2.5	14	3.0	18
300	BN	0	BH	BH	2.4	12	2.8	16	3.3	20
250	BN	0	BH	10	2.6	13	3.0	17	3.6	22
200	BH	0	2.3	11	2.8	14	3.3	18	3.8	23
175	BH	0	2.4	12	2.9	15	3.5	19	3.9	23
150	BH	9	2.5	12	3.1	15	3.7	20	4.0	24
140	BH	9	2.5	12	3.2	16	3.8	21	Rmin=150	
130	BH	9	2.6	12	3.3	17	3.8	21		
120	BH	9	2.7	13	3.4	17	3.9	22		
110	BH	9	2.8	13	3.5	18	4.0	22		
100	2.1	9	2.9	14	3.6	19	4.0	22		
90	2.2	10	3.0	14	3.7	19	Rmin=100			
80	2.4	11	3.2	15	3.8	20				
70	2.5	11	3.3	16	3.9	20	e= peralte % R= radio V= velocidad			
60	2.6	12	3.5	17	4.0	21				
50	2.8	13	3.7	18	Rmin=60					
40	3.0	14	3.9	19						
30	3.3	15	Rmin=35		Rmin=60		BN= sección con bombeo normal BH= sección con bombeo adverso horizontal L= longitud de transición de peralte			
20	3.8	17								
Rmin=15		Rmin=35		Rmin=60		Rmin=100		emax=4%		

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.47

Tabla 2.2.10.4.6-3: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 6%

R (m)	V=20Km/h		V=30Km/h		V=40Km/h		V=50Km/h		V=60Km/h	
	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	RC	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	RC	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.1	13
900	BN	0	BN	0	BN	0	RC	11	2.3	14
800	BN	0	BN	0	BN	0	RC	11	2.5	15
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.1	12	2.8	17
600	BN	0	BN	0	RC	10	2.4	13	3.1	19
500	BN	0	BN	0	2.1	11	2.8	16	3.6	21
400	BN	0	BH	10	2.5	13	3.3	18	4.0	24
300	BN	0	BH	10	3.1	15	3.9	22	4.6	28
250	BN	0	2.3	11	3.5	16	4.2	23	5	30
200	BH	0	2.8	13	3.9	18	4.7	26	5.5	33
175	BH	9	3.0	14	4.1	20	5.0	28	5.8	35
150	BH	9	3.3	16	4.4	21	5.3	29	6.0	36
140	BH	9	3.5	17	4.5	23	5.4	30	6.0	36
130	2.1	9	3.6	17	4.6	24	5.5	31	Rmin=135	
120	2.2	10	3.8	18	4.8	25	5.7	32		
110	2.4	11	3.9	19	5.0	26	5.8	33		
100	2.6	11	4.1	20	5.2	27	6.0	33		
90	2.7	12	4.2	20	5.4	28	Rmin=90		e= peralte % R= radio V= velocidad BN= sección con bombeo normal BH= sección con bombeo adverso horizontal L= longitud de transición de peralte emax=6%	
80	3.0	14	4.5	22	5.5	29				
70	3.2	14	4.7	23	5.8	30				
60	3.5	15	5.0	24	6.0	31				
50	3.8	17	5.4	26	Rmin=55					
40	4.2	19	5.8	28						
30	4.7	21	6.0	29						
20	5.5	25	Rmin=30							
	Rmin=15									

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.48

Tabla 2.2.10.4.6-4: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 8%

R (m)	V=20Km/h		V=30Km/h		V=40Km/h		V=50Km/h		V=60Km/h					
	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)				
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0				
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0				
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0				
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0				
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0				
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0				
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12				
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12				
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12				
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.2	13				
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.4	14				
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.7	16				
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.2	12	3.0	18				
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.8	14	3.4	20				
500	BN	0	BN	0	2.2	11	3.0	17	3.9	23				
400	BN	0	BH	10	2.7	14	3.8	20	4.7	28				
300	BN	0	2.1	10	3.4	17	4.5	25	5.6	34				
250	BN	0	2.5	12	4.0	21	5.1	28	6.2	37				
200	BN	0	3.0	14	4.6	24	5.8	32	7.0	42				
175	BH	9	3.4	16	5.0	25	6.2	34	7.4	44				
150	BH	9	3.8	18	5.4	26	6.7	37	7.8	47				
140	BH	9	4.0	19	5.5	29	6.9	38	7.9	47				
130	2.2	10	4.2	20	5.8	30	7.1	39	8.0	48				
120	2.3	10	4.4	21	6.0	31	7.4	41	Rmin=125					
110	2.5	11	4.7	23	6.3	32	7.6	42						
100	2.7	12	5.0	24	6.6	34	7.8	43						
90	3.0	14	5.2	25	6.9	35	7.9	44						
80	3.3	15	5.5	26	7.2	37	8.0	44	Rmin=80					
70	3.6	16	5.9	28	7.6	39								
60	4.1	18	6.4	31	7.8	40								
50	4.6	21	6.9	33	8.0	41								
40	5.2	23	7.5	36	Rmin=45		e= peralte % R= radio V= velocidad BN= sección con bombeo normal BH= sección con bombeo adverso horizontal L= longitud de transición de peralte emax=8%							
30	2.9	27	8.0	38										
20	7.1	32	Rmin=30											
Rmin=10														

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.49

Tabla 2.2.10.4.6-5: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 10%

R (m)	V=20Km/h		V=30Km/h		V=40Km/h		V=50Km/h		V=60Km/h	
	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.2	13
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.6	15
800	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12	2.7	16
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.3	13	3.1	19
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.7	15	3.6	22
500	BN	0	BN	0	2.3	12	3.1	17	4.2	25
400	BN	0	BH	10	2.8	14	3.8	21	5.0	30
300	BN	0	2.2	11	3.5	19	4.6	27	5.3	38
250	BN	0	2.6	12	4.2	22	5.6	31	7.1	43
200	BN	0	3.1	15	5.0	26	6.5	37	8.2	49
175	BH	9	3.5	17	5.6	29	7.1	39	8.8	53
150	BH	9	4.0	19	6.2	32	7.8	43	9.4	56
140	2.1	9	4.3	21	6.4	33	8.1	45	9.7	58
130	2.2	10	4.5	22	6.7	34	8.5	47	9.8	59
120	2.4	11	4.8	23	7.0	36	8.8	49	10.0	60
110	2.6	12	5.1	24	7.4	38	9.1	50	Rmin=115	
100	2.8	13	5.5	26	7.7	40	9.5	53		
90	3.1	14	5.9	28	8.2	42	9.8	54	Rmin=75	
80	3.4	15	6.4	31	8.8	44	10.0	55		
70	3.8	17	6.9	33	9.1	47	Rmin=45			
60	4.4	20	7.5	36	9.6	49				
50	5.0	23	8.2	39	10.0	51	Rmin=25			
40	5.9	27	9.1	44						
30	7.0	31	9.9	48	Rmin=10					
20	8.5	38								

e= peralte %
R= radio
V= velocidad
BN= sección con bombeo normal
BH= sección con bombeo
adverso horizontal
L= longitud de transición de peralte
emax=10%

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.50

Tabla 2.2.10.4.6-6: Valores de peralte y longitud de transición de peralte - peralte máximo = 12%

R (m)	V=20Km/h		V=30Km/h		V=40Km/h		V=50Km/h		V=60Km/h	
	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)	(%)	L (m)
7000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
5000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
3000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
2000	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1500	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0
1400	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1300	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1200	BN	0	BN	0	BN	0	BN	0	BH	12
1000	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.3	14
900	BN	0	BN	0	BN	0	BH	11	2.5	15
800	BN	0	BN	0	BN	0	2.1	12	2.8	17
700	BN	0	BN	0	BH	10	2.4	13	3.2	19
600	BN	0	BN	0	BH	10	2.7	15	3.3	22
500	BN	0	BN	0	2.4	12	3.2	18	4.3	26
400	BN	0	BH	10	2.9	15	3.9	22	5.3	62
300	BN	0	2.2	11	3.8	20	5.1	28	6.7	40
250	BN	0	2.6	12	4.4	23	6.9	33	7.7	46
200	BN	0	3.2	15	6.3	27	7.1	39	9.1	55
175	BH	9	3.6	17	6.9	30	7.8	43	10.0	60
150	BH	9	4.2	20	6.7	34	8.7	48	10.9	65
140	2.1	9	4.4	21	7.0	38	9.1	50	11.2	67
130	2.3	10	4.7	23	7.4	39	9.5	53	11.5	59
120	2.5	11	5.1	24	7.8	40	10.0	55	11.8	71
110	2.7	12	5.4	26	8.2	42	10.5	58	12.0	72
100	2.8	13	5.9	28	8.7	45	11.0	61	Rmin=105	
90	3.2	14	6.4	31	9.3	48	11.4	63		
80	3.5	16	6.9	33	9.9	51	11.8	65		
70	4.0	18	7.6	36	10.5	54	12.0	66	Rmin=70	
60	4.6	21	6.4	40	11.2	58	e= peralte % R= radio V= velocidad BN= sección con bombeo normal BH= sección con bombeo adverso horizontal L= longitud de transición de peralte emax=12%			
50	5.3	24	9.3	45	11.8	61				
40	6.3	28	10.4	50	Rmin=45					
30	7.7	35	11.5	56						
20	9.7	44	Rmin=25		Rmin=10					

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.51

Sobreancho

Es el ancho adicional de la superficie de rodadura de la vía, en los tramos en curva para compensar el mayor espacio requerido por los vehículos (MTC, 2018).

$$Sa = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \dots \text{(Ecuación. 4)}$$

Donde:

Sa = Sobreancho (m).

N = Número de carriles.

R = Radio (m).

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

V = Velocidad de diseño (km/h)

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – DG 2018, p.161.

2.2.10.4.7. Longitud de Curva Horizontal.

Si la velocidad directriz es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor que 5°, se considera como longitud de curva mínima deseada la longitud obtenida con la siguiente expresión:

$$L = 3V \dots \text{(Ecuación. 5)}$$

Dónde: (L = longitud de curva en metros y V = velocidad en km/hora)

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

$$L > 30(10 - \Delta), \Delta \leq 5^\circ \dots \text{(Ecuación. 6)}$$

(L en metros; Δ en grados)

Deben evitarse longitudes de curvas horizontales mayores a 800 metros.

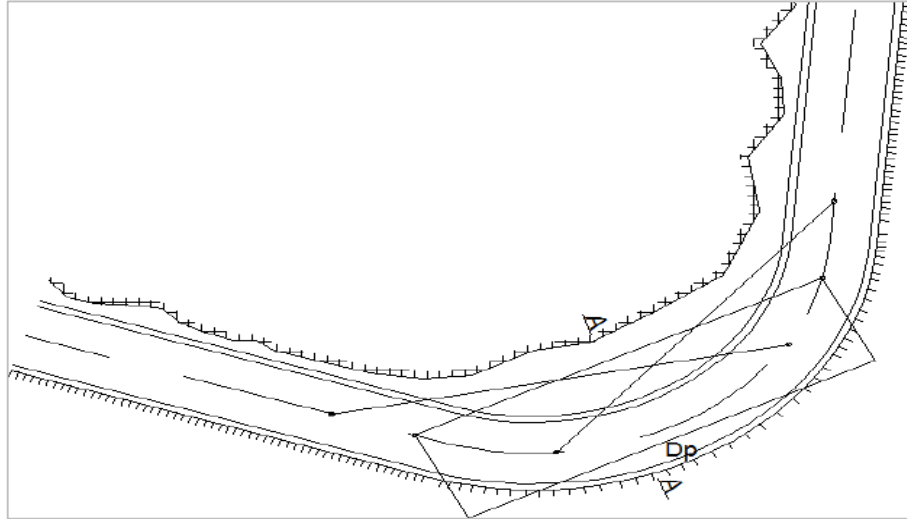
2.2.10.4.8. Distancia de Visibilidad en Curvas Horizontales.

La distancia de visibilidad en el interior de las curvas horizontales es un elemento del diseño del alineamiento horizontal.

Cuando hay obstrucciones a la visibilidad en el lado interno de una curva horizontal (tales como taludes de corte, paredes o barreras longitudinales), se requiere un ajuste en el diseño de la sección transversal normal o en el alineamiento, cuando la obstrucción no puede ser removida. De modo general, en el diseño de una curva horizontal, la línea de visibilidad será por lo menos

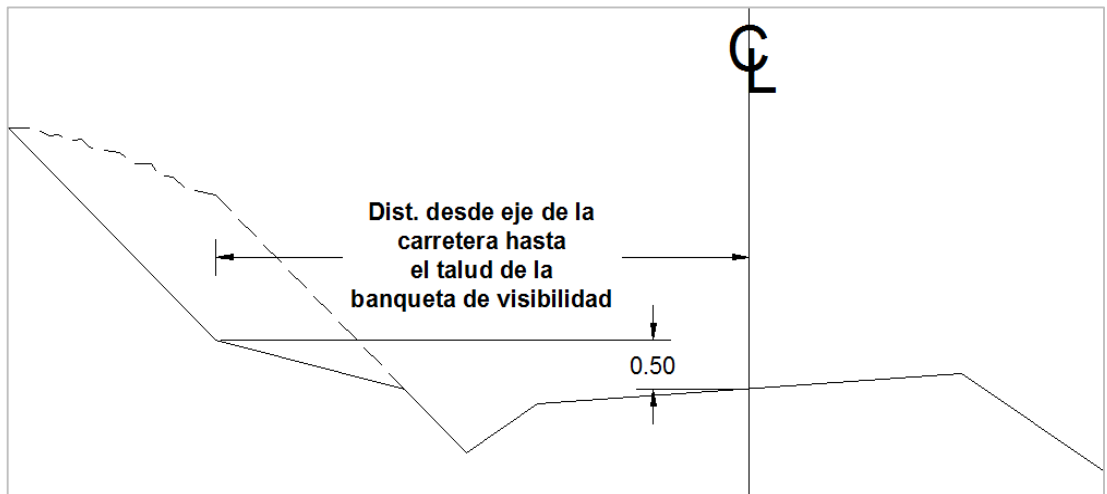
igual a la distancia de parada correspondiente y se mide a lo largo del eje central del carril interior de la curva.

Figura 2.2.10.4.8-1: Vista en planta de las distancias de visibilidad en curva horizontal



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – DG 2018, p.167.

Figura 2.2.10.4.8 -2: Sección transversal típica de una banqueta de visibilidad.



Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – DG 2018, p.167.

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

$$M = R \left(1 - \cos \frac{28.65 * S}{R} \right) \quad \dots \text{(Ecuación. 7)}$$

Dónde:

M = Ordenada media o ancho mínimo libre.

R = Radio de la curva horizontal.

S = Distancia de visibilidad.

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.43.

2.2.10.5.DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL Y SECCIÓN TRANSVERSAL

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018) afirma que el diseño geométrico en perfil o alineamiento vertical está constituido por una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a los cuales dichas rectas son tangentes; en cuyo desarrollo, el sentido de las pendientes se define según el avance del kilometraje, en positivas, aquéllas que implican un aumento de cotas y negativas las que producen una disminución de cotas.

2.2.10.5.1. Consideraciones para el Diseño en Perfil

Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas, que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

Tabla 2.2.10.5.1-: Consideraciones de diseño según orografía

Clasificación	Descripción
Terreno plano	Por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.
Terreno ondulado	Por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.
Terreno accidentado	La rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alargamientos innecesarios.
Terreno escarpado	El perfil estará condicionado por la divisoria de aguas.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

2.2.10.5.1.1. Pendientes

- *Pendiente mínima*

Se deberá fijar una pendiente mínima de 0,5%, a fin de asegurar el drenaje de aguas superficiales en la calzada. A excepción de los siguientes casos particulares:

Tabla 2.2.10.5.1.1-1: Casos particulares de pendientes mínimas

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

- **Fuente:** *Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).*

- *Pendiente máxima*

A continuación, se mostrará las pendientes máximas permitidas según las características de la carretera.

Tabla 2.2.10.5.1.1-2: Pendientes máximas permitidas de acuerdo con el tipo de carretera.

Orografía tipo Velocidad de diseño	Terreno plano	Terreno ondulado	Terreno montañoso	Terreno escarpado
20 km/h	8%	9%	10%	12%
30 km/h	8%	9%	10%	12%
40 km/h	8%	9%	10%	10%
50 km/h	8%	8%	8%	8%
60 km/h	8%	8%	8%	8%

Fuente: *M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.57.*

En zonas de altitud superior a los 3000 m s. n. m., los valores máximos de la Tabla 2.9.11.5.1.1-2, se reducirán en 1% para terrenos accidentados o escarpados.

2.2.10.5.1.2. Curvas Verticales

Son aquellas que enlazan tramos consecutivos de rasante para suavizar la transición de una pendiente a otra en el movimiento vertical de los vehículos. Se determina si es

necesario su diseño siempre y cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor del 1%, para carreteras pavimentadas y del 2% para las demás. El parámetro de Curvatura “K” define las curvas verticales parabólicas, que equivale a la longitud de la curva en el plano horizontal, en metros, para cada 1% de variación en la pendiente, así:

$$K = L/A \quad \dots \text{(Ecuación. 8)}$$

Donde:

K= Parámetro de curvatura.

L= Longitud de la curva vertical.

A= Valor Absoluto de la diferencia algebraica de las pendientes.

Los valores de los índices K se muestran en la tabla 2.9.11.5.1.2-1 para curvas convexas y en la tabla 2.9.11.5.1.2-2 para curvas cóncavas.

Tabla 2.2.10.5.1.2-1: Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad directriz (Km./h)	Longitud controlada por la visibilidad de frenado		Longitud controlada por la visibilidad de adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado m.	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento	Índice de curvatura K
20	20	0.6	-.-	-.-
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K=L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.55.

Tabla 2.2.10.5.1.2-2: Índice de curvatura K para el cálculo de la longitud de curva vertical cóncava.

Velocidad directriz (Km./h)	Distancia de visibilidad de frenado (m).	Índice de curvatura K
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K=L/A$ por el porcentaje de la diferencia algebraica.

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.56.

2.2.10.5.2. Consideraciones para el diseño de secciones transversales

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

- *Calzada*

En el diseño de carreteras de muy bajo volumen de tráfico IMDA < 50, la calzada podrá estar dimensionada para un solo carril. En los demás casos, la calzada se dimensionará para dos carriles.

- En la tabla 2.2.10.5.2-1, se indican los valores apropiados del ancho de la calzada en tramos rectos para cada velocidad directriz en relación con el tráfico previsto y a la importancia de la carretera.

Tabla 2.2.10.5.2-1: Ancho mínimo deseable de la calzada en tangente (en metros)

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

* Calzada de un solo carril, con plazoletas de cruce y/o adelantamiento.

** Carreteras con predominio de tráfico pesado.

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.60.

- *Bermas*

Las bermas son franjas longitudinales, paralelas y adyacentes a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utilizan como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.

- **Bombeo**

Es la inclinación transversal mínima de la calzada en tramos tangentes, determinado con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona.

Tabla 2.2.10.5.2-2: Bombeo según tipo de superficie

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

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

- **Plazoletas**

En carreteras de un solo carril con dos sentidos de tránsito se construirán ensanches en la plataforma, de 30 m de longitud y un ancho mínimo de 3 m, cada 500 m como mínimo para que puedan cruzarse los opuesto o adelantarse aquellos del mismo sentido.

La ubicación de las plazoletas se fijará convenientemente en los puntos más favorables del terreno natural para que el volumen de las explanaciones sea mínimo, teniendo en cuenta el desarrollo del trazado para asegurar la visibilidad de parada.

- **Peralte**

Inclinación transversal de la carretera en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo.

Tabla 2.2.10.5.2-3: Valores de peralte mínimo

Velocidad (km/h)	40	60	80	≥100
Radio (m)	3500	3500	3500	7500

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Tabla 2.2.10.11.5.2-4: Valores de peralte máximo

Clasificación de la zona	Peralte máximo (p)	
	Absoluto	Normal
Atravesamiento de zonas urbanas	6.0 %	4.0 %
Zona rural (T. Plano, Ondulado o Accidentado)	8.0 %	6.0 %
Zona rural (T. Accidentado o Escarpado)	12.0 %	8.0 %
Zona rural con peligro de hielo	8.0 %	6.0 %

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

Tabla 2.2.10.11.5.2-5: Valores de peralte mínimo

Clasificación de la zona	Radios de curvatura
$V \geq 100$	$5.000 \leq R < 7.500$
$40 \leq V < 100$	$2.500 \leq R < 3.500$

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

- Taludes

Los taludes para las secciones en corte y en relleno variarán de acuerdo con la estabilidad del terreno en que están practicados. Las alturas admisibles de talud y su inclinación se determinarán en lo posible, por medio de ensayos y cálculos tomados en cuenta la experiencia del comportamiento de los taludes en corte ejecutados en rocas y suelos de naturaleza y características geotécnicas similares que mantienen estables ante condiciones ambientales semejantes. La inclinación de los taludes se realiza definiendo la relación H: V de diseño.

Tabla 2.2.10.11.5.2-6: Taludes de corte

Clase de terreno	Talud (H:V)		
	H<5	5<H<10	H>10
Roca fija	1 : 10	(*)	(**)
Roca suelta	1 : 6 – 1 : 4	(*)	(**)
Conglomerados cementados	1 : 4	(*)	(**)
Suelos consolidados compactados	1 : 4	(*)	(**)
Conglomerados comunes	1 : 3	(*)	(**)
Tierra compactada	1 : 2 – 1 : 1	(*)	(**)
Tierra suelta	1 : 1	(*)	(**)

Arena suelta	2 : 1	(*)	(**)
Zonas blandas con abundantes arcillas o zonas humedecidas por filtraciones	2 : 1 hasta 3 : 1	(*)	(**)

(*) Requiere banqueteta o análisis de estabilidad

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.114.

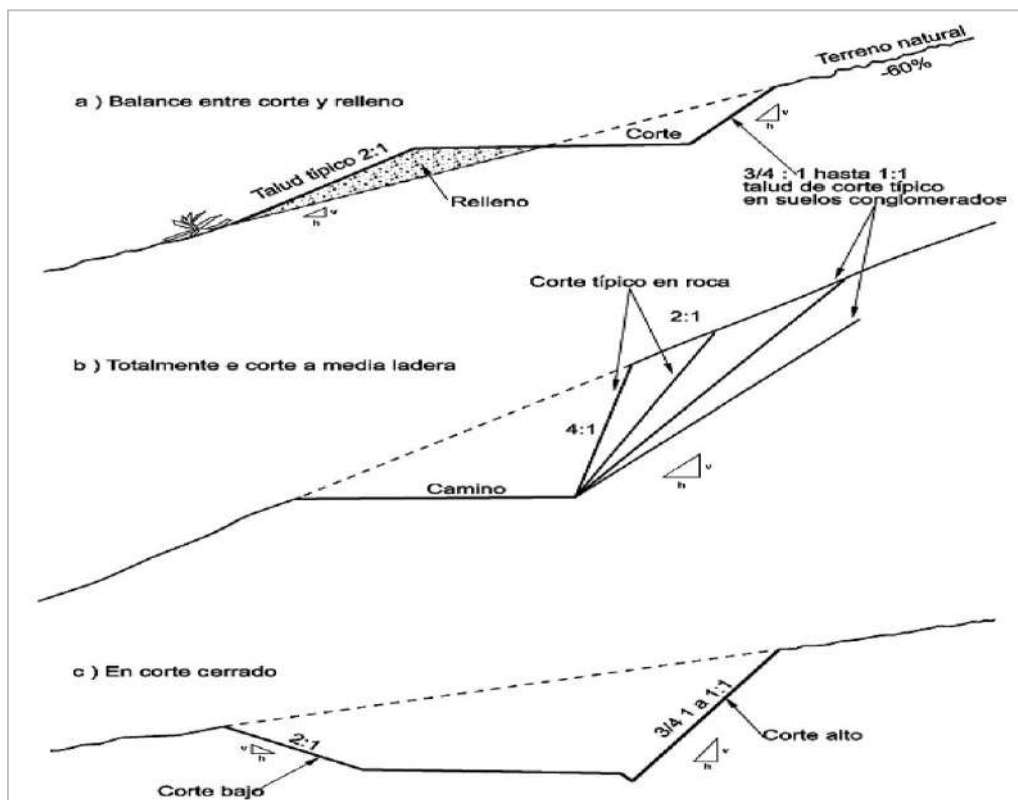
Tabla 2.2.11.5.2-7: Taludes de relleno

Materiales	Talud (H:V)		
	H<5	5<H<10	H>10
Enrocado	1 : 1	(*)	(**)
Suelos diversos compactados (mayoría de suelos)	1.5 : 1	(*)	(**)
Arena compactada	2 : 1	(*)	(**)

(*) Requiere banqueteta o análisis de estabilidad

Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.115.

Figura 2.2.11.5.2-1: Opciones de diseño de secciones típicas



Fuente: M.D.C.N.P.B.V.T., (2008), p.118.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Acceso:** El acceso es un medio de ingreso o salida a una infraestructura vial (Sánchez, 2018).
- **Carretera:** Es el camino que permite el tránsito de vehículos motorizados de al menos dos ejes (MTC, 2018).
- **Diseño Geométrico:** Esta es una técnica que consiste en un trazado en el terreno respetando las condiciones de la vía (Rosales, 2003).
- **Estudio de Impacto Vial:** Es un estudio de ingeniería que permite identificar los cambios de características generados por el tránsito peatonal y vehicular existente debido a la implementación de un proyecto vial (MTC, 2018).
- **Índice Medio Diario Anual (IMDA):** Este es un valor que representa el volumen promedio del tránsito de vehículos durante 24 horas en ambos sentidos para un período anual de una muestra vehicular específica (Sánchez, 2018).
- **Manual de Diseño Geométrico:** Este es un documento técnico que contiene procedimientos, técnicas y normativas para llevar a cabo el diseño de una infraestructura vial de manera correcta (MTC, 2018).
- **Pendiente:** La pendiente es la inclinación que presenta una rasante en el sentido de avance (Sánchez, 2018).
- **Rasante:** Esta es una línea que se encarga de unir las cotas de una carretera (Sánchez, 2018).
- **Sección Transversal:** Esta es la sección de una vía o carretera transversal al eje y a distancias específicas (MTC, 2018).
- **Subrasante:** Esta es la superficie de una vía en donde se construye una estructura de un pavimento (Sánchez, 2018).
- **Velocidad de Diseño:** Es criterio básico del diseño geométrico que permite determinar las características de los diferentes elementos geométricos para una vía (MTC, 2018).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

En la presente investigación realizó la evaluación las condiciones actuales de la carretera Lullapuquio - Chetilla, siendo Lullapuquio un centro poblado que pertenece a Cajamarca y el distrito de Chetilla, uno de los 12 distritos pertenecientes de la provincia de Cajamarca.

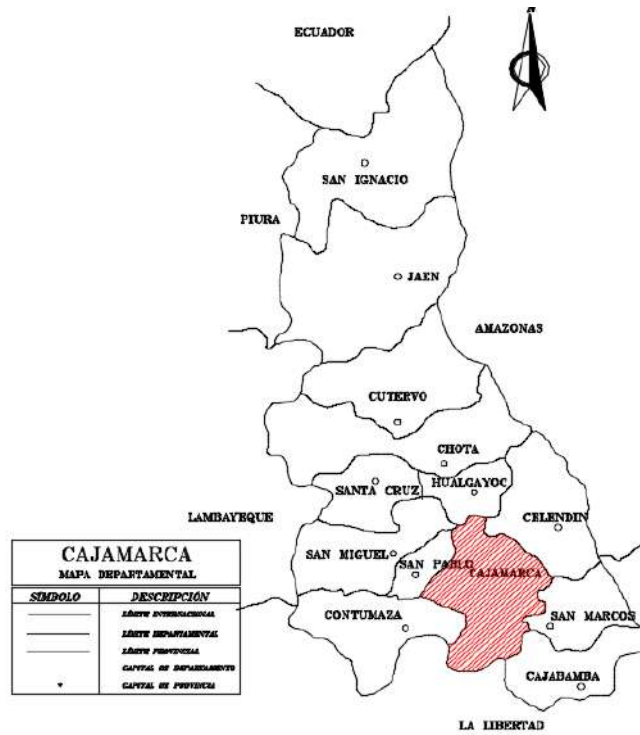
A continuación, se muestra una imagen que ubica el área de influencia en general de la región donde se encuentra la carretera de estudio.

Figura 3.1.1-1: Mapa de la región Cajamarca en el Perú.



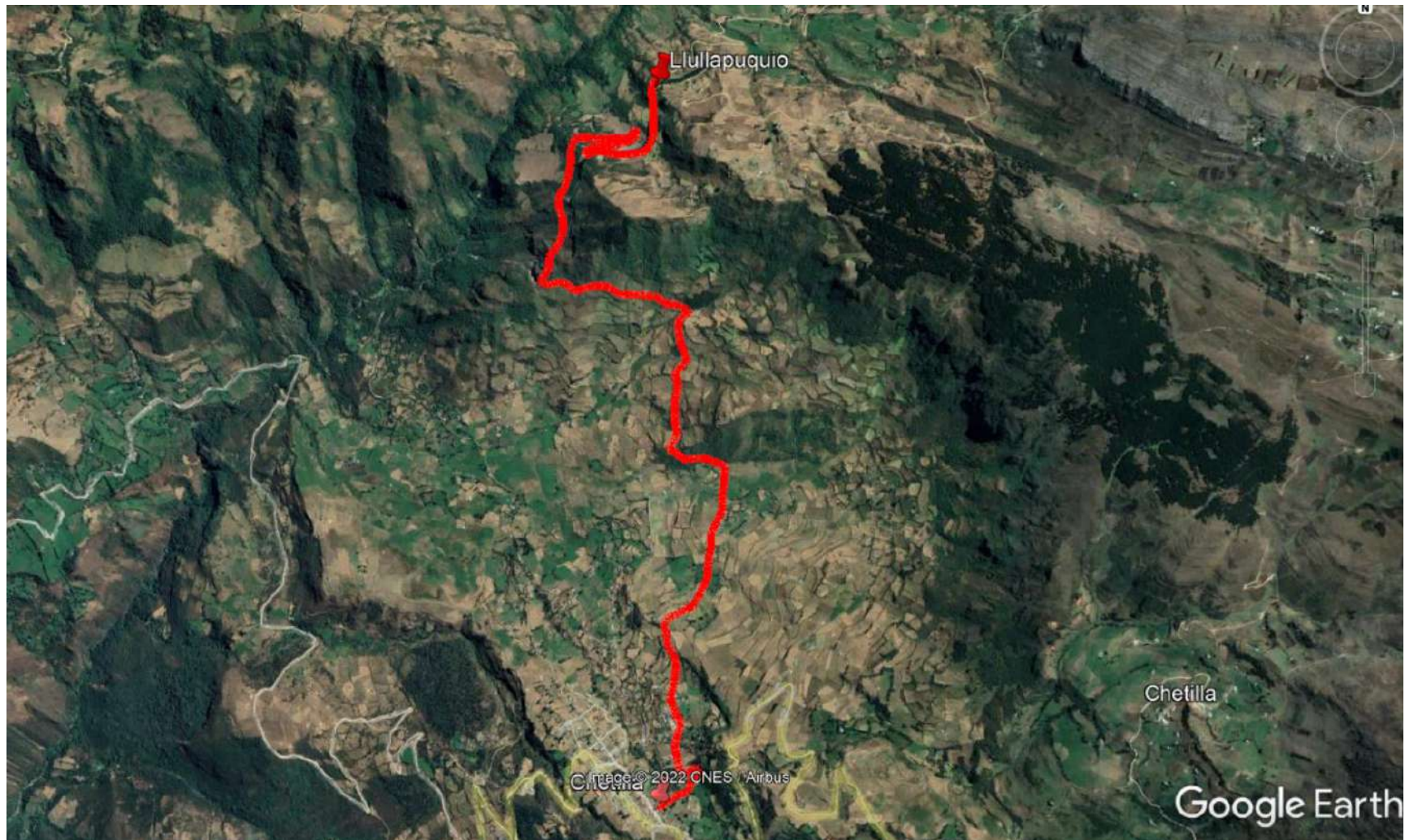
Fuente: Plano de ubicación.

Figura 3.1.1-2: Mapa departamental de Cajamarca.



Fuente: Plano de ubicación

Figura 3.1.1-4: Ubicación satelital del area de estudio-Carretera CA-1303.



Fuente: Google earth

3.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Las coordenadas de la zona en estudio pertenecen al uso 17 de la zona S del sistema de referenciación WGS-84, y se muestran a continuación las coordenadas UTM del punto de Inicio y punto Final:

Punto Inicial:

- **Lugar:** Llullapuquio:

- **Coordenadas UTM:**

Este: 757230.60 m E

Norte: 9212524.72 m N

Cota: 3093.84 m s. n. m.

- **Coordenadas Geográficas:**

Latitud: 7°06'55.6524''S

Longitud: 78°40'16.0963''N

Cota: 3093.84 m s. n. m.

Punto Final:

- **Lugar:** Chetilla.

- **Coordenadas UTM:**

Este: 757376.54 m E

Norte: 9209343.26 N

Cota: 2814.55 m s. n. m.

- **Coordenadas Geográficas:**

Latitud: 7°08'39.1056''S

Longitud: 78°40'10.8191''N

Cota: 2814.55 m s. n. m.

3.2. ÉPOCA DE INVESTIGACIÓN

La investigación se ha realizado en el año 2019 entre los meses de mayo y septiembre, según lo establecido en el Plan de Tesis.

3.3. MATERIALES E INSTRUMENTOS

A continuación, se describe los materiales e instrumentos que se utilizaron en la etapa de campo de la presente tesis:

3.3.1 Estación total

Se denomina estación total a un aparato electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica, consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido(LCD), leds de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales.

La Estación Total utilizada fue un **Leica Geosystems TS-06** que pertenecen a una nueva generación de instrumentos topográficos, representa hoy en día el tipo de estación total más usado en el segmento del medio alcance. Dispone de teclado alfanumérico completo, conexión USB, memoria interna de gran capacidad y tecnología inalámbrica Bluetooth.

Figura 3.3.1-1: Leica Geosystems TS-06.



Fuente: https://www.instop.es/flexline_plus/flexline_TS06_plus.php

Ventajas de la TS-06:

- Flexibilidad total en cuanto a software y hardware
- Tornillería sin fin
- **Plomada láser**
- Distanciometría láser **30m + 400 m o +1000 m**
- Sistema de compensado **cuádruple**
- Posibilidad de elegir distintas precisiones **1" 2" 3" 5" 7"**
- Conexión **USB, Wireless**

3.3.2 Sistema de Posicionamiento Global (Gps)

El **sistema de posicionamiento global** (GPS) es un sistema que permite determinar en toda la Tierra la posición de un objeto (una persona, un vehículo) con una precisión de hasta centímetros (si se utiliza GPS diferencial), aunque lo habitual son unos pocos metros de precisión. El sistema fue desarrollado, instalado y empleado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Para determinar las posiciones en el globo, el sistema GPS está constituido por 24 satélites y utiliza la trilateración.

Para la presente investigación se utilizó el GPS Garmin eTrex Vista HCx, “Compacto, robusto y ligero, el GPS más completo de la gama eTrex es ideal para cualquier actividad al aire libre. Su receptor GPS de alta sensibilidad mantiene la señal incluso en zonas arboladas y entre edificios altos y dispone de una brillante pantalla a color, altímetro barométrico, brújula electrónica, ranura para tarjetas microSD y cálculo automático de rutas.

Figura 3.3.2.-2: Leica Geosystems TS-06.



Fuente: <https://www.dirtbikeaustralia.com.au/dirt-bike-accessories/100500-GARMIN-eTrex-Vista-HCx.html>

3.3.3 Wincha topográfica

Es una cinta métrica flexible, enrollada dentro de una caja de plástico o metal, que generalmente está graduada en centímetros en un costado de la cinta y en pulgadas en el otro. Para longitudes mayores a 10 m, existen de plástico o lona reforzada. Las más confiables son las metálicas porque no se deforman al estirarse

Figura 3.3.3-2: Leica Geosystems TS-06.




Fuente: <https://aydtopografia.com.pe/portal/winchas/263-wincha-stanley-fibra-de-vidrio>

3.3.4 Formatos usados

Para realizar la presente investigación se aplicó el formato de conteo de vehículos, para determinar el índice medio diario (IMD).

Figura 3.3.4-1: Formato de conteo de vehículos

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA														CV-IMD-MTC-001							
		Tesis: "EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOMETRICAS ACTUALES Y PROPUESTA DE DISEÑO GEOMETRICO DE LA CARRETERA LLULLAPUQUIO - CHETILLA, DISTRITO DE CHETILLA, CAJAMARCA 2019"														Rev:	0						
TRAMO DE LA CARRETERA																ESTACIÓN							
SENTIDO																DÍA							
UBICACIÓN																FECHA							
		ESTUDIO DE TRÁNSITO VEHICULAR														Pág: 1 de 1							
HORA	SENTIDO	MOTOS	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			BUS		CAMIÓN			SEMI TRAILER				TRAILER				TOTAL		
			PICK UP	PANEL	RURAL	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T1	3T3				
6-7	E																						
6-7	S																						
7-8	E																						
7-8	S																						
8-9	E																						
8-9	S																						
9-10	E																						
9-10	S																						
10-11	E																						
10-11	S																						
11-12	E																						
11-12	S																						
12-13	E																						
12-13	S																						
13-14	E																						
13-14	S																						
14-15	E																						
14-15	S																						
15-16	E																						
15-16	S																						
16-17	E																						
16-17	S																						
17-18	E																						
17-18	S																						
18-19	E																						
18-19	S																						
19-20	E																						
19-20	S																						
20-21	E																						
20-21	S																						
TOTALES																							

3.4. PROCEDIMIENTO

3.4.1. DESCRIPCIÓN DE LA CARRETERA EN ESTUDIO

Procedimiento de reconocimiento de la zona:

- a) Inspeccionar la zona de estudio, para así evaluar la topografía, identificar y determinar in situ, los distintos elementos y características geométricas de la carretera, tales como curvas horizontales y verticales, ancho de plataforma, sobrecanchos, pendientes, etc., además de evaluar si cuenta con obras de arte como alcantarillas, pontones, puentes, aliviaderos, etc.

Levantamiento topográfico de la carretera:

- a) Una vez hecho el reconocimiento de la zona, se procede a la ubicación de la primera estación (E-1), cerca al km 00+00; teniendo en cuenta la visibilidad del mayor tramo de carretera.
- b) Se coloca puntos auxiliares a lo largo de la carretera en zonas estratégicas que permitan la visibilidad de cada uno de los puntos de referencia de la zona en estudio.
- c) Se comienza a radiar los puntos de referencia en la carretera tales como eje de vía, bordes de carretera, cunetas, alcantarillas, quebradas, postes, casas, de acuerdo con el estacado en tramos rectos cada 20 m y en tramos curvos cada 10 m.
- d) Al mismo tiempo se cuenta el número de vehículos por día, para realizar el análisis de tráfico y clasificación de la vía.

Trabajo de gabinete:

- a) Terminada la fase de campo, se procesa la información obtenida en la zona, realizando el modelamiento de la carretera, tanto en planta, perfil y secciones transversales mediante el software AutoCAD Civil 3D 2019.
- b) Seguidamente, mediante hojas de cálculo en Excel se ejecuta el análisis y la comparación de las características geométricas de la carretera en estudio con los parámetros estipulados en el Manual de Carreteras No pavimentadas de Bajo Volumen de Transito (MDCNPBVT) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), los parámetros de evaluación se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3.4.1-2: Listado de parámetros de evaluación

N°	Parámetros	Unidad
1	Orografía	%
2	Elementos de curva horizontal	Tabla de valores
3	Radios mínimos	m
4	Longitud de curva	m
5	Sobreancho	m
6	Distancia de visibilidad en curvas horizontales	m
7	Peralte	%
8	Longitud de transición de peralte	m
9	Elementos de alineamiento vertical	Tabla de valores
10	Curva vertical	m
11	Pendiente	%
12	Calzada	m
13	Berma	m

3.5. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS, PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.5.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población considerada en la presente investigación es la carretera CA-1304, ubicada en el distrito de Chetilla, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca.

La muestra en estudio comprende el tramo Lullapuquio –Chetilla (Km 00.0+000 – Km 05+116)

3.5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.5.2.1. TIPO, NIVEL Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo descriptivo-comparativo con nivel explicativo, diseño no experimental, la metodología desarrollada tiene como base la toma de datos en campo a través de la observación directa, se tomaron datos de las características de la zona que pueda influenciar en los criterios de trazos y/o en el diseño geométrico de la carretera Lullapuquio- Chetilla ubicado en el distrito de Chetilla en Cajamarca, posteriormente se realizó el análisis comparativo de dichos parámetros con los establecidos en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, a fin de brindar

una propuesta de mejora bajo la propuesta de cambios variables en los parámetros geométricos establecidos en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Tabla 3.5.2.1: Clasificación de la investigación

Clasificación	Categoría
Tipo	Descriptivo-comparativo
Nivel	Explicativo
Diseño	No experimental
Metodología de la investigación	Analítica

3.5.3. RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos, se tiene las siguientes técnicas:

- Observación: técnica aplicada para el reconocimiento del terreno, con la finalidad de obtener los datos necesarios, características generales que presentan estas poblaciones y pueda influenciar en el desarrollo de esta investigación.
- Análisis documental y bibliográfico: basado en la recolección de la información bibliográfica concerniente al desarrollo de la presente investigación, tomando en consideración la información, lineamientos específicos acerca de los parámetros geométricos brindados en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

3.5.4. PROCESAMIENTO DE DATOS.

El procesamiento de datos se ha realizado en función a criterios técnicos, acorde con los parámetros geométricos descritos en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito. Para la topografía, se ha usado el software AutoCAD Civil 3D 2019, que permite la evaluación de los parámetros geométricos y a la vez brinda el soporte las diversas propuestas de mejora en cumplimiento a los parámetros geométricos según el manual descrito líneas arriba.

3.5.5. ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La presentación de los resultados obtenidos se ha detallado y resumido en tablas, gráficos que permiten el análisis y evaluación de estos, logrando así plantear una propuesta de mejora en función de diversos cambios variables de los parámetros

geométricos en concordancia con el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

3.5.6. CLASIFICACION DE LA VÍA

3.5.6.1. Por su función:

La carretera en estudio une las localidades de Lullapuquio y Chetilla, considerándose una vía de gran importancia dentro del distrito de Chetilla, por lo tanto, la clasificación por su jurisdicción corresponde a una carretera de la Red Vial Vecinal, de acuerdo con el ítem 1.1.1 del MDCNPBVT.

3.5.6.2. Por su demanda:

De acuerdo al ítem 2.1.1.7 del MDCNPBVT, el cual dispone que en caso de no tener información sobre la variación diaria y estacional de la demanda de una carretera, se requerirá realizar estudios e investigaciones que permitan establecer los volúmenes y características del tránsito diario de manera local, en por lo menos tres (3) días típicos de la actividad local, para tal efecto en la presente investigación se realizó el conteo de vehículos típicos que transitan por esta carretera durante los 7 días de la semana, para poder realizar la proyección del tránsito de acuerdo con el número de años del periodo de diseño, dicha tabla se muestra a continuación:

Tabla 3.5.6.2-1: Conteo y distribución del tránsito

Tipo De Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	sábado	Domingo	IMD	Distribución %
Station Wagon	5	3	3	4	4	4	5	4	26.70%
Microbus	2	1	2	2	2	2	4	3	20.00%
Camioneta Pick Up	5	3	3	2	4	2	4	4	26.70%
Camiones Ligeros	4	3	5	2	2	2	4	4	26.60%
TOTAL								15	100.00%

De acuerdo con la tabla 3.4.6.2-1, se determina que se tiene un IMDS de 15 veh/día.

De acuerdo a las características básicas el flujo vehicular de 15 veh/día para confirmar que es de bajo volumen de tránsito se usa la fórmula del IMDA del MDCNPBVT.

$$Tn = To(1 + i)^{n-1}$$

DATOS:

To = Tránsito actual = **15 veh/día** .

n = Años del periodo de diseño = **20 años**

i = Tasa anual de crecimiento de tránsito

Revisadas las estadísticas del MTC, se ha podido comprobar que no existe información histórica de tráfico para esta carretera, por lo que se ha descartado la posibilidad de tomar la tasa de crecimiento basada en series históricas, entonces se efectuará la proyección en base a las variables socioeconómicas representadas por las tasas de crecimiento del PBI y de la población a través del método de las tasas de generación de viajes.

Tabla 3.5.6.2-2: Elasticidad de tráfico

Tipo de vehículo	Elasticidades
Autos	1.2
Camionetas	1.2
Micros	1.2
Buses	1.4
Camiones	0.8

Fuente: Contrato de servicio de consultoría 051-2008-MTC/20, (2009).

Tabla 3.5.6.2-3: Tasas de crecimiento del PBI y de la población-CAJAMARCA

CAJAMARCA	
PBI	2.79
PBI/HAB	1.15
POBLACIÓN	1.64

Fuente: Fuente: INEI-Compendios Departamentales, (2018).

Tabla 3.5.6.2-4: Tasa de generación de viajes

CAJAMARCA	G. V
Autos	1.97
Camionetas	1.97
Micros	1.97
Camiones	2.23

Efectuando las estimaciones para la tasa de crecimiento de tránsito se tiene como resultado:

$$i = \frac{(1.97 * 26.70\%) + (1.97 * 20.00\%) + (1.97 * 26.70\%) + (2.23 * 26.60\%)}{100\%}$$

$$i = 2.039 \%$$

- Cálculo de la demanda de tránsito

$$Tn = 15 (1 + 2.039\%)^{20-1}$$

$$Tn = 22.01$$

$$tn = 22 \text{ veh/día}$$

El resultado sugiere que tenemos una Trocha carrozable (IMDA menor a 200 veh/día) y que corresponde clasificarla en una carretera BVT del tipo T1, de uno o dos carriles con un ancho de calzada de 3.5 – 6.0 m en base a la tabla N° 2.2.2.1-1.

3.5.6.3. Por su Orografía.

En base a la clasificación de carreteras según las condiciones orográficas del Manual de DG-2018 (ítem 2.2.4.3), se tiene que el terreno tiene inclinaciones transversales predominantes que varían entre 11% y 50% de pendiente transversal por lo que corresponde clasificarla como una carretera de terreno ondulado (Tipo 2), cuyos datos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3.5.6.3-1: Verificación del radio mínimo.

Progresiva	Pendiente Transversal (%)	Tipo De Terreno	Progresiva	Pendiente Transversal (%)	Tipo De Terreno
0+000.00	49.96	Ondulado	0+480.00	47.7	Ondulado
0+020.00	50.71	Accidentado	0+500.00	47.65	Ondulado
0+040.00	53.71	Accidentado	0+520.00	42.28	Ondulado
0+060.00	52.47	Accidentado	0+540.00	53.31	Accidentado
0+080.00	65.54	Accidentado	0+560.00	50.44	Accidentado
0+100.00	65.16	Accidentado	0+580.00	35.92	Ondulado
0+120.00	70.61	Accidentado	0+600.00	34.53	Ondulado
0+140.00	75.17	Accidentado	0+620.00	31.35	Ondulado
0+160.00	80.98	Accidentado	0+640.00	36.37	Ondulado
0+180.00	103.08	Accidentado	0+660.00	45.7	Ondulado
0+200.00	91.77	Accidentado	0+680.00	43.22	Ondulado
0+220.00	85.87	Accidentado	0+700.00	47.17	Ondulado
0+240.00	89.9	Accidentado	0+720.00	50.54	Accidentado
0+260.00	80.16	Accidentado	0+740.00	35.22	Ondulado

0+280.00	55.76	Accidentado	0+760.00	32.14	Ondulado
0+300.00	34.08	Ondulado	0+780.00	38.55	Ondulado
0+320.00	31.15	Ondulado	0+800.00	42.63	Ondulado
0+340.00	23.57	Ondulado	0+820.00	40.15	Ondulado
0+360.00	23.57	Ondulado	0+840.00	53.09	Accidentado
0+380.00	38.74	Ondulado	0+860.00	43.68	Ondulado
0+400.00	39.33	Ondulado	0+880.00	40.21	Ondulado
0+420.00	48.49	Ondulado	0+900.00	48.24	Ondulado
0+440.00	48.63	Ondulado	0+920.00	30.29	Ondulado
0+460.00	56.93	Accidentado	0+940.00	48.4	Ondulado

Progresiva	Pendiente Transversal (%)	Tipo De Terreno	Progresiva	Pendiente Transversal (%)	Tipo De Terreno
0+960.00	33.32	Ondulado	1+820.00	106.15	Accidentado
0+980.00	21.91	Ondulado	1+840.00	89.52	Accidentado
1+000.00	21.46	Ondulado	1+860.00	84.15	Accidentado
1+020.00	25.48	Ondulado	1+880.00	45.94	Ondulado
1+040.00	34.53	Ondulado	1+900.00	62.02	Accidentado
1+060.00	28.25	Ondulado	1+920.00	19.49	Ondulado
1+080.00	41.72	Ondulado	1+940.00	4.47	Plano
1+100.00	10.34	Ondulado	1+960.00	89.95	Accidentado
1+120.00	41.93	Ondulado	1+980.00	86.93	Accidentado
1+140.00	44.33	Ondulado	2+000.00	82.38	Accidentado
1+160.00	10.57	Ondulado	2+020.00	79.66	Accidentado
1+180.00	38.6	Ondulado	2+040.00	48.18	Ondulado
1+200.00	48.61	Ondulado	2+060.00	71.97	Accidentado
1+220.00	50.72	Accidentado	2+080.00	66.48	Accidentado
1+240.00	59.75	Accidentado	2+100.00	67.73	Accidentado
1+260.00	36.61	Ondulado	2+120.00	83.46	Accidentado
1+280.00	33.53	Ondulado	2+140.00	94.67	Accidentado
1+300.00	67.67	Accidentado	2+160.00	97.29	Accidentado
1+320.00	72.84	Accidentado	2+180.00	96.55	Accidentado
1+340.00	76.47	Accidentado	2+200.00	91.5	Accidentado
1+360.00	65.96	Accidentado	2+220.00	91.36	Accidentado
1+380.00	66.68	Accidentado	2+240.00	92.63	Accidentado
1+400.00	10.58	Ondulado	2+260.00	75.35	Accidentado
1+420.00	75.41	Accidentado	2+280.00	63.91	Accidentado
1+440.00	80.57	Accidentado	2+300.00	53.13	Accidentado
1+460.00	79.36	Accidentado	2+320.00	55.27	Accidentado
1+480.00	79.36	Accidentado	2+340.00	53.14	Accidentado
1+500.00	79.34	Accidentado	2+360.00	46.58	Ondulado
1+520.00	76.04	Accidentado	2+380.00	59.52	Accidentado
1+540.00	81.25	Accidentado	2+400.00	67.41	Accidentado
1+560.00	82.74	Accidentado	2+420.00	67.5	Accidentado
1+580.00	82.19	Accidentado	2+440.00	74.02	Accidentado
1+600.00	84.97	Accidentado	2+460.00	68.9	Accidentado
1+620.00	88.08	Accidentado	2+480.00	67.68	Accidentado

1+640.00	83.66	Accidentado	2+500.00	69.79	Accidentado
1+660.00	80.04	Accidentado	2+520.00	80.9	Accidentado
1+680.00	97.43	Accidentado	2+540.00	10.15	Ondulado
1+700.00	98.5	Accidentado	2+560.00	78.74	Accidentado
1+720.00	100.1	Accidentado	2+580.00	58.97	Accidentado
1+740.00	94.98	Accidentado	2+600.00	44.94	Ondulado
1+760.00	99.5	Accidentado	2+620.00	54.62	Accidentado
1+780.00	101.92	Accidentado	2+640.00	51.3	Accidentado
1+800.00	104.06	Accidentado	2+660.00	50.73	Accidentado

Progresiva	Pendiente Transversal (%)	Tipo De Terreno	Progresiva	Pendiente Transversal (%)	Tipo De Terreno
2+680.00	58.88	Accidentado	3+540.00	19.2	Ondulado
2+700.00	61.52	Accidentado	3+560.00	15.08	Ondulado
2+720.00	62.98	Accidentado	3+580.00	19.15	Ondulado
2+740.00	53.93	Accidentado	3+600.00	17.46	Ondulado
2+760.00	43.77	Ondulado	3+620.00	9.16	Plano
2+780.00	43.7	Ondulado	3+640.00	11.64	Ondulado
2+800.00	43.21	Ondulado	3+660.00	13.8	Ondulado
2+820.00	45.48	Ondulado	3+680.00	15.59	Ondulado
2+840.00	34.54	Ondulado	3+700.00	56.11	Accidentado
2+860.00	32.95	Ondulado	3+720.00	18.33	Ondulado
2+880.00	50.74	Accidentado	3+740.00	19.46	Ondulado
2+900.00	50.73	Accidentado	3+760.00	19.04	Ondulado
2+920.00	43.87	Ondulado	3+780.00	22.84	Ondulado
2+940.00	48.05	Ondulado	3+800.00	21.4	Ondulado
2+960.00	50.66	Accidentado	3+820.00	21.39	Ondulado
2+980.00	64.45	Accidentado	3+840.00	25.97	Ondulado
3+000.00	67.61	Accidentado	3+860.00	27.17	Ondulado
3+020.00	78.45	Accidentado	3+880.00	26.54	Ondulado
3+040.00	80.87	Accidentado	3+900.00	26.62	Ondulado
3+060.00	74.88	Accidentado	3+920.00	35.25	Ondulado
3+080.00	75.62	Accidentado	3+940.00	41.17	Ondulado
3+100.00	72.71	Accidentado	3+960.00	36.33	Ondulado
3+120.00	70.26	Accidentado	3+980.00	39.94	Ondulado
3+140.00	58.42	Accidentado	4+000.00	34.78	Ondulado
3+160.00	60.65	Accidentado	4+020.00	29.5	Ondulado
3+180.00	61.61	Accidentado	4+040.00	29.5	Ondulado
3+200.00	52.62	Accidentado	4+060.00	29.5	Ondulado
3+220.00	53.71	Accidentado	4+080.00	43.76	Ondulado
3+240.00	66.49	Accidentado	4+100.00	32.92	Ondulado
3+260.00	93.6	Accidentado	4+120.00	36.29	Ondulado
3+280.00	102.32	Accidentado	4+140.00	33.72	Ondulado
3+300.00	99.99	Accidentado	4+160.00	32.46	Ondulado
3+320.00	98.99	Accidentado	4+180.00	31.08	Ondulado
3+340.00	91.11	Accidentado	4+200.00	27.32	Ondulado

3+360.00	82.69	Accidentado	4+220.00	27.54	Ondulado
3+380.00	84.97	Accidentado	4+240.00	23.42	Ondulado
3+400.00	77.49	Accidentado	4+260.00	21.47	Ondulado
3+420.00	75.02	Accidentado	4+280.00	25.22	Ondulado
3+440.00	77.48	Accidentado	4+300.00	25.32	Ondulado
3+460.00	66.47	Accidentado	4+320.00	25.05	Ondulado
3+480.00	63.97	Accidentado	4+340.00	19.16	Ondulado
3+500.00	57.12	Accidentado	4+360.00	37.05	Ondulado
3+520.00	52.72	Accidentado	4+380.00	36.33	Ondulado

Progresiva	Pendiente Transversal (%)	Tipo De Terreno	Progresiva	Pendiente Transversal (%)	Tipo De Terreno
4+400.00	53.73	Accidentado	4+780.00	29.05	Ondulado
4+420.00	59.88	Accidentado	4+800.00	23.49	Ondulado
4+440.00	61.63	Accidentado	4+820.00	20.14	Ondulado
4+460.00	65.13	Accidentado	4+840.00	30.37	Ondulado
4+480.00	70.85	Accidentado	4+860.00	30.42	Ondulado
4+500.00	58.33	Accidentado	4+880.00	30.02	Ondulado
4+520.00	70.22	Accidentado	4+900.00	24.89	Ondulado
4+540.00	63.81	Accidentado	4+920.00	24.88	Ondulado
4+560.00	58.27	Accidentado	4+940.00	25.39	Ondulado
4+580.00	58.03	Accidentado	4+960.00	28.02	Ondulado
4+600.00	25.77	Ondulado	4+980.00	26.01	Ondulado
4+620.00	24.44	Ondulado	5+000.00	18.4	Ondulado
4+640.00	20.11	Ondulado	5+020.00	18.91	Ondulado
4+660.00	11.72	Ondulado	5+040.00	0.51	Plano
4+680.00	11.73	Ondulado	5+060.00	1.43	Plano
4+700.00	22.21	Ondulado	5+080.00	28.77	Ondulado
4+720.00	22.12	Ondulado	5+100.00	29.43	Ondulado
4+740.00	19.76	Ondulado	5+116.13	30.84	Ondulado
4+760.00	24.35	Ondulado			

Tabla 3.4.6.3-2: Verificación del radio mínimo-Cuadro resumen.

Superficie	Pendiente
Plano	1.56%
Ondulado	48.64%
Accidentado	49.81%
Total	100%

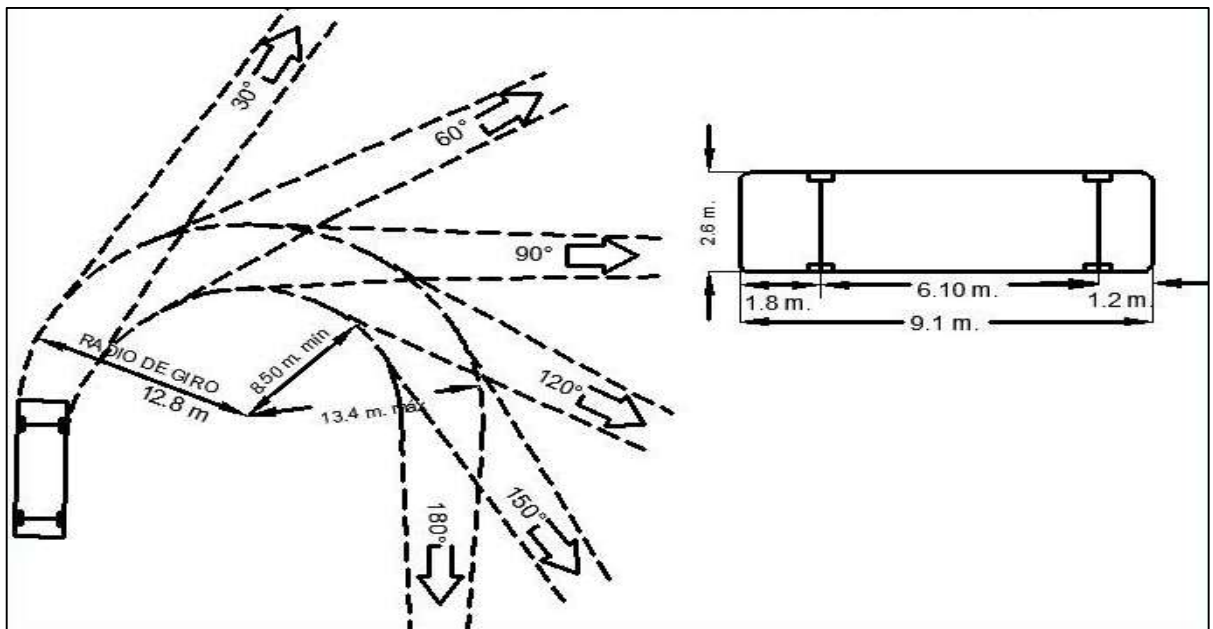
3.5.7. VEHÍCULO DE DISEÑO:

Actualmente los vehículos que circulan son:

- Vehículos comerciales; que generalmente son escasos, como camiones; considerando que los camiones son vehículos diseñados para el transporte de carga.
- Vehículos ligeros; conformado por vehículos autopropulsado diseñado para el transporte de personas, incluye taxis, camionetas y automóviles.

Para el diseño de la carretera, se eligió un camión simple de 2 ejes "C2", cuyas características son las siguientes:

Figura 3.4.7-1: Camión simple de 2 ejes "C2".



Fuente: DG-2001, p.38.

3.5.8. VELOCIDAD DE DISEÑO:

De acuerdo con el Manual de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MCNPVBT), la selección de la velocidad de diseño será una consecuencia de un análisis técnico-económico de alternativas que deberán tener en cuenta la orografía de la zona, para efectos de esta investigación se adoptará la velocidad de diseño mínima que estipula dicho manual, **20 km/h**, esto se justifica en que la presente investigación evaluará los parámetros existentes y se realizará un análisis comparativo con el manual antes mencionado, con la finalidad de verificar el grado de cumplimiento.

3.5.9. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA O ALINEAMIENTO HORIZONTAL

3.5.9.1.Elementos de curvas horizontales.

Para determinar las características de las curvas horizontales, se procesaron los puntos obtenidos del levantamiento topográfico en el programa AutoCAD Civil 3D, y con la poligonal abierta definida se procedió a trazar las curvas con sus radios correspondientes.

A partir de la obtención de los radios actuales y sus respectivas deflexiones, de la carretera en estudio, se obtuvieron sus respectivos elementos de curva, para luego poder ser evaluados de acuerdo con los parámetros o características de diseño estipuladas en el MDCNPBVT.

Tabla 3.5.9.1-1: Elementos de curva

N° Curva	Sentido	Delta	R(m)	T (m.)	Lc(m.)	E (m.)	L(m)	M(m)	Sa (m.)
C1	D	16° 02' 41"	50	7.05	13.96	0.49	14	0.49	1
C2	D	67° 09' 35"	40	26.56	44.25	8.01	46.89	6.68	1.2
C3	D	13° 12' 30"	30	3.47	6.9	0.2	6.92	0.2	1.5
C4	D	11° 08' 00"	40	3.9	7.76	0.19	7.77	0.19	1.2
C5	I	16° 51' 14"	50	7.41	14.65	0.55	14.71	0.54	1
C6	I	23° 21' 05"	40	8.27	16.19	0.85	16.3	0.83	1.2
C7	D	12° 12' 00"	20	2.14	4.25	0.11	4.26	0.11	2.1
C8	D	174° 12' 06"	10	197.46	19.97	187.71	30.4	9.49	4.2
C9	D	5° 49' 53"	100	5.09	10.17	0.13	10.18	0.13	0.6
C10	I	37° 34' 26"	60	20.41	38.65	3.38	39.35	3.2	0.9
C11	I	61° 00' 55"	35	20.62	35.54	5.62	37.27	4.85	1.3
C12	I	168° 07' 02"	10	96.09	19.89	86.61	29.34	8.96	4.2
C13	D	86° 08' 06"	25	23.37	34.14	9.22	37.58	6.74	1.7
C14	D	29° 16' 11"	30	7.83	15.16	1.01	15.33	0.97	1.5
C15	I	35° 01' 19"	30	9.47	18.05	1.46	18.34	1.39	1.5
C16	D	9° 34' 23"	40	3.35	6.68	0.14	6.68	0.14	1.2
C17	D	14° 17' 58"	30	3.76	7.47	0.24	7.49	0.23	1.5
C18	D	10° 45' 01"	30	2.82	5.62	0.13	5.63	0.13	1.5
C19	I	40° 55' 20"	30	11.19	20.97	2.02	21.43	1.89	1.5
C20	I	38° 03' 38"	30	10.35	19.56	1.73	19.93	1.64	1.5
C21	I	28° 48' 33"	30	7.71	14.93	0.97	15.08	0.94	1.5
C22	D	14° 14' 04"	50	6.24	12.39	0.39	12.42	0.39	1
C23	I	34° 25' 33"	50	15.49	29.59	2.34	30.04	2.24	1
C24	D	27° 25' 17"	100	24.4	47.4	2.93	47.86	2.85	0.6
C25	I	13° 46' 25"	77.01	9.3	18.47	0.56	18.51	0.56	0.7
C26	D	23° 46' 35"	40	8.42	16.48	0.88	16.6	0.86	1.2

N° Curva	Sentido	Delta	R(m)	T (m.)	Lc(m.)	E (m.)	L(m)	M(m)	Sa (m.)
C27	I	114° 05' 02"	20	30.85	33.56	16.76	39.82	9.12	2.1
C28	D	28° 01' 34"	50	12.48	24.21	1.53	24.46	1.49	1
C29	I	50° 21' 24"	40	18.8	34.03	4.2	35.16	3.8	1.2
C30	D	24° 24' 50"	40	8.65	16.92	0.93	17.04	0.9	1.2
C31	I	7° 31' 08"	80	5.26	10.49	0.17	10.5	0.17	0.7
C32	I	12° 15' 20"	30	3.22	6.4	0.17	6.42	0.17	1.5
C33	D	20° 39' 19"	30	5.47	10.76	0.49	10.82	0.49	1.5
C34	D	18° 44' 24"	30	4.95	9.77	0.41	9.81	0.4	1.5
C35	D	62° 18' 53"	30	18.14	31.04	5.06	32.63	4.33	1.5
C36	I	6° 59' 56"	80	4.89	9.77	0.15	9.77	0.15	0.7
C37	D	19° 12' 36"	80	13.54	26.7	1.14	26.82	1.12	0.7
C38	I	17° 31' 43"	80	12.33	24.38	0.95	24.47	0.93	0.7
C39	I	61° 29' 49"	100	59.49	102.25	16.36	107.33	14.06	0.6
C40	D	84° 21' 56"	30	27.19	40.29	10.49	44.17	7.77	1.5
C41	I	19° 36' 58"	66.12	11.43	22.53	0.98	22.64	0.97	0.8
C42	D	24° 50' 58"	50	11.02	21.52	1.2	21.69	1.17	1
C43	D	46° 05' 14"	50	21.27	39.14	4.34	40.22	3.99	1
C44	I	32° 17' 02"	30	8.68	16.68	1.23	16.9	1.18	1.5
C45	I	51° 13' 58"	30	14.38	25.94	3.27	26.83	2.95	1.5
C46	I	25° 23' 42"	50	11.27	21.98	1.25	22.16	1.22	1
C47	D	29° 58' 33"	100	26.77	51.72	3.52	52.32	3.4	0.6
C48	D	27° 29' 41"	40	9.79	19.01	1.18	19.19	1.15	1.2
C49	I	39° 56' 26"	40	14.54	27.32	2.56	27.88	2.41	1.2
C50	I	19° 57' 21"	39.26	6.91	13.6	0.6	13.67	0.59	1.2
C51	D	47° 37' 45"	30.11	13.29	24.31	2.8	25.03	2.56	1.5
C52	I	22° 05' 11"	60	11.71	22.99	1.13	23.13	1.11	0.9
C53	I	25° 35' 49"	20	4.54	8.86	0.51	8.93	0.5	2.1

3.5.9.2. Radio Mínimo:

Haciendo uso de la (Ecuación. 2), además tomando en consideración los valores de la tabla 2.9.11.4.6-4 de Radios mínimos y peraltes máximos para los valores de la velocidad de diseño de 20 km/h, con un peralte máximo del 8% y considerando valor máximo de fricción de 0.18 del MDCNPVBT, se tiene:

$$R_{\text{mín}} = \frac{20^2}{127(0.01 * 8 + 0.18)}$$

$$R_{\text{mín}} = 12.11 \text{ m}$$

Luego el radio mínimo calculado será de 12 m.

De acuerdo al MDCNPBVT en el cuadro 3.2.6.1b de radios mínimos y peraltes máximos, el radio mínimo redondeado para la velocidad de 20 km/h y un peralte máximo de 8%, es de 10 m, radio que se ha verificado que es el suficiente para que nuestro vehículo de diseño (C2), pueda dar vuelta sin ningún inconveniente.

Del análisis realizado se tiene la siguiente tabla:

Tabla 3.5.9.2-1: Evaluación de radio mínimo.

Nº Curva	Progresiva	Radio	Radio Min	Evaluación
C1	0+198.15	50	10	Cumple
C2	0+319.02	40	10	Cumple
C3	0+445.76	30	10	Cumple
C4	0+467.53	40	10	Cumple
C5	0+502.98	50	10	Cumple
C6	0+532.95	40	10	Cumple
C7	0+573.65	20	10	Cumple
C8	0+776.45	10	10	Cumple
C9	0+689.84	100	10	Cumple
C10	0+809.68	60	10	Cumple
C11	0+865.29	35	10	Cumple
C12	1+008.57	10	10	Cumple
C13	0+991.94	25	10	Cumple
C14	1+042.02	30	10	Cumple
C15	1+066.37	30	10	Cumple
C16	1+103.07	40	10	Cumple
C17	1+140.47	30	10	Cumple
C18	1+163.29	30	10	Cumple
C19	1+210.52	30	10	Cumple
C20	1+256.74	30	10	Cumple
C21	1+284.93	30	10	Cumple

N° Curva	Progresiva	Radio	Radio Mín	Evaluación
C22	1+438.30	50	10	Cumple
C23	1+568.87	50	10	Cumple
C24	1+629.61	100	10	Cumple
C25	1+711.41	77	10	Cumple
C26	1+796.90	40	10	Cumple
C27	1+948.50	20	10	Cumple
C28	2+049.22	50	10	Cumple
C29	2+128.59	40	10	Cumple
C30	2+228.56	40	10	Cumple
C31	2+390.69	80	10	Cumple
C32	2+441.65	30	10	Cumple
C33	2+451.13	30	10	Cumple
C34	2+500.61	30	10	Cumple
C35	2+623.36	30	10	Cumple
C36	2+716.09	80	10	Cumple
C37	2+838.68	80	10	Cumple
C38	3+035.41	80	10	Cumple
C39	3+226.82	100	10	Cumple
C40	3+539.61	30	10	Cumple
C41	3+844.21	66	10	Cumple
C42	4+070.35	50	10	Cumple
C43	4+197.26	50	10	Cumple
C44	4+286.91	30	10	Cumple
C45	4+348.36	30	10	Cumple
C46	4+436.94	50	10	Cumple
C47	4+494.66	100	10	Cumple
C48	4+644.59	40	10	Cumple
C49	4+705.57	40	10	Cumple
C50	4+753.51	39	10	Cumple
C51	4+831.58	30	10	Cumple
C52	4+947.72	60	10	Cumple
C53	5+010.32	20	10	Cumple

Tabla 3.4.9.2-2: Evaluación de radio mínimo-Cuadro resumen

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Radio mínimo	53	0
m	10.00%	0.00%

3.5.9.3. Longitud de Curva

Para el valor de la longitud de curva mínima, con velocidad de diseño de 20 km/h y con el ángulo de deflexión mayor que 5°, el MDCNPBVT considera la (Ecuación. 5):

$$L. \text{ min. Curva} = 3V$$

$$L. \text{ min. Curva} = 3 (20)$$

$$L. \text{ min. Curva} = 60 \text{ m.}$$

Para $\Delta \leq 5^\circ$ la longitud de curva mínima considera la (Ecuación. 6):

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

(L en metros; Δ en grados)

A continuación, se presenta la tabla contenida con la verificación de la longitud de curva mínima.

Tabla 3.5.9.3-1: Verificación de Longitud de Curva

N° de curva	Progresiva	Long. de curva Actual (m)	Angulo de deflexión en grados (°)	Min. Long. de curva según MCDBVT	Evaluación de Long. de curva
C1	0+198.15	14	73°33'20"	60	No Cumple
C2	0+319.02	46.89	27°11'30"	60	No Cumple
C3	0+445.76	6.92	26°21'20"	60	No Cumple
C4	0+467.53	7.77	48°57'50"	60	No Cumple
C5	0+502.98	14.71	37°51'10"	60	No Cumple
C6	0+532.95	16.3	30°48'20"	60	No Cumple
C7	0+573.65	4.26	17°49'00"	60	No Cumple
C8	0+776.45	30.4	13°32'10"	60	No Cumple
C9	0+689.84	10.18	5°41'40"	60	No Cumple
C10	0+809.68	39.35	10°11'40"	60	No Cumple
C11	0+865.29	37.27	125°02'10"	60	No Cumple
C12	1+008.57	29.34	51°57'00"	60	No Cumple
C13	0+991.94	37.58	19°34'20"	60	No Cumple
C14	1+042.02	15.33	49°15'40"	60	No Cumple
C15	1+066.37	18.34	35°44'30"	60	No Cumple
C16	1+103.07	6.68	22°13'50"	60	No Cumple
C17	1+140.47	7.49	24°16'10"	60	No Cumple
C18	1+163.29	5.63	8°13'10"	60	No Cumple

N° de curva	Progresiva	Long. de curva Actual (m)	Angulo de deflexión en grados (°)	Min. Long. de curva según MCDBVT	Evaluación de Long. de curva
C19	1+210.52	21.43	53°37'30"	60	No Cumple
C20	1+256.74	19.93	26°42'00"	60	No Cumple
C21	1+284.93	15.08	24°57'50"	60	No Cumple
C22	1+438.30	12.42	21°48'20"	60	No Cumple
C23	1+568.87	30.04	15°33'30"	60	No Cumple
C24	1+629.61	47.86	6°07'30"	60	No Cumple
C25	1+711.41	18.51	11°19'50"	60	No Cumple
C26	1+796.90	16.6	19°29'20"	60	No Cumple
C27	1+948.50	39.82	17°23'10"	60	No Cumple
C28	2+049.22	24.46	25°34'20"	60	No Cumple
C29	2+128.59	35.16	36°17'10"	60	No Cumple
C30	2+228.56	17.04	43°24'30"	60	No Cumple
C31	2+390.69	10.5	52°37'00"	60	No Cumple
C32	2+441.65	6.42	65°50'00"	60	No Cumple
C33	2+451.13	10.82	56°51'30"	60	No Cumple
C34	2+500.61	9.81	156°21'40"	60	No Cumple
C35	2+623.36	32.63	92°59'30"	60	No Cumple
C36	2+716.09	9.77	92°05'00"	60	No Cumple
C37	2+838.68	26.82	40°08'30"	60	No Cumple
C38	3+035.41	24.47	147°07'40"	60	No Cumple
C39	3+226.82	107.33	117°56'30"	60	No Cumple
C40	3+539.61	44.17	54°43'10"	60	No Cumple
C41	3+844.21	22.64	26°09'10"	60	No Cumple
C42	4+070.35	21.69	29°17'30"	60	No Cumple
C43	4+197.26	40.22	156°31'30"	60	No Cumple
C44	4+286.91	16.9	132°39'10"	60	No Cumple
C45	4+348.36	26.83	8°12'30"	60	No Cumple
C46	4+436.94	22.16	16°30'30"	60	No Cumple
C47	4+494.66	52.32	37°58'40"	60	No Cumple
C48	4+644.59	19.19	36°04'50"	60	No Cumple
C49	4+705.57	27.88	21°48'50"	60	No Cumple
C50	4+753.51	13.67	31°39'20"	60	No Cumple

N° de curva	Progresiva	Long. de curva Actual (m)	Angulo de deflexión en grados (°)	Min. Long. de curva según MCDBVT	Evaluación de Long. de curva
C51	4+831.58	25.03	72°05'50"	60	No Cumple
C52	4+947.72	23.13	140°40'10"	60	No Cumple
C53	5+010.32	8.93	39°16'50"	60	No Cumple

Tabla 3.4.9.3-2: Verificación de Longitud de Curva-Cuadro resumen

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Lc	0	53
%	0.00%	100.00%

3.5.9.4. Longitud de Transición de Peralte

A continuación, se muestran los valores de las longitudes de transición de peralte, los cuales han sido interpolados de la tabla 2.9.11.4.6-4. Para compararlos con las longitudes de transición de peralte existentes en la que encontramos en la carretera actual.

El detalle comparativo se muestra en la siguiente tabla, con la cual determinaremos si existe suficiente espacio para realizar la transición de bombeo a peralte.

Tabla 3.5.9.4-1: Verificación de la Longitud de Transición del Peralte.

N° de curva	Progresiva	Long. Tran. Peralte actual	Long. Tran. Peral. Calculado	Evaluación de long. Tran. Peralte
C1	0+198.15	20.39	9.98	Cumple
C2	0+319.02	15.05	10.83	Cumple
C3	0+445.76	16.17	11.81	Cumple
C4	0+467.53	13.36	10.83	Cumple
C5	0+502.98	14.77	10.83	Cumple
C6	0+532.95	16.17	10.83	Cumple
C7	0+573.65	36.74	13.50	Cumple
C8	0+776.45	13.36	14.77	No Cumple
C9	0+689.84	15.47	7.31	Cumple

N° de curva	Progresiva	Long. Tran. Peralte actual	Long. Tran. Peral. Calculado	Evaluación de long. Tran. Peralte
C10	0+809.68	12.66	9.28	Cumple
C11	0+865.29	14.06	11.81	Cumple
C12	1+008.57	15.47	14.77	Cumple
C13	0+991.94	30.09	13.50	Cumple
C14	1+042.02	14.77	11.81	Cumple
C15	1+066.37	16.17	11.81	Cumple
C16	1+103.07	14.77	10.83	Cumple
C17	1+140.47	13.36	11.81	Cumple
C18	1+163.29	14.77	11.81	Cumple
C19	1+210.52	20.39	11.81	Cumple
C20	1+256.74	15.05	11.81	Cumple
C21	1+284.93	16.17	11.81	Cumple
C22	1+438.30	13.36	9.98	Cumple
C23	1+568.87	14.77	9.98	Cumple
C24	1+629.61	16.17	7.31	Cumple
C25	1+711.41	18.98	8.58	Cumple
C26	1+796.90	13.36	10.83	Cumple
C27	1+948.50	15.47	13.50	Cumple
C28	2+049.22	23.20	9.98	Cumple
C29	2+128.59	14.06	10.83	Cumple
C30	2+228.56	15.47	10.83	Cumple
C31	2+390.69	27.14	8.16	Cumple
C32	2+441.65	14.77	13.50	Cumple
C33	2+451.13	16.17	11.81	Cumple
C34	2+500.61	14.77	11.81	Cumple
C35	2+623.36	13.36	11.81	Cumple
C36	2+716.09	14.77	8.16	Cumple
C37	2+838.68	20.39	8.16	Cumple
C38	3+035.41	15.05	8.16	Cumple
C39	3+226.82	16.17	7.31	Cumple
C40	3+539.61	13.36	11.81	Cumple
C41	3+844.21	14.77	9.28	Cumple
C42	4+070.35	16.17	9.98	Cumple
C43	4+197.26	21.80	9.98	Cumple

N° de curva	Progresiva	Long. Tran. Peralte actual	Long. Tran. Peral. Calculado	Evaluación de long. Tran. Peralte
C44	4+286.91	13.36	11.81	Cumple
C45	4+348.36	15.47	11.81	Cumple
C46	4+436.94	23.20	9.98	Cumple
C47	4+494.66	14.06	7.31	Cumple
C48	4+644.59	15.47	10.83	Cumple
C49	4+705.57	27.14	10.83	Cumple
C50	4+753.51	14.77	11.81	Cumple
C51	4+831.58	16.17	11.81	Cumple
C52	4+947.72	14.77	9.28	Cumple
C53	5+010.32	13.36	13.50	No Cumple

Tabla 3.4.9.4-2: Verificación de la Longitud de Transición del Peralte-Cuado resumen

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Longitud de transición de peralte	51	2
%	96.2%	3.8%

3.5.9.5. Distancia de Visibilidad en curvas horizontales.

En carreteras de bajo volumen de tránsito, la distancia deberá ser por lo menos igual a la distancia de visibilidad de parada (D_p) según el Manual de Carreteras De Bajo Volumen de Tránsito, de tal forma que:

$$D_p = 0.278 * V * t_p + 0.039 * \frac{V^2}{a} \quad \dots \text{(Ecuación. 9)}$$

Por tanto: $D.V. = 2 * D_p \quad \dots \text{(Ecuación. 10)}$

Sabiendo que se tiene una velocidad directriz $V = 20$ K/h, $f = 0.17$ y $t_p = 2.5$

Tabla 3.4.9.5-1: Distancia de velocidad de parada.

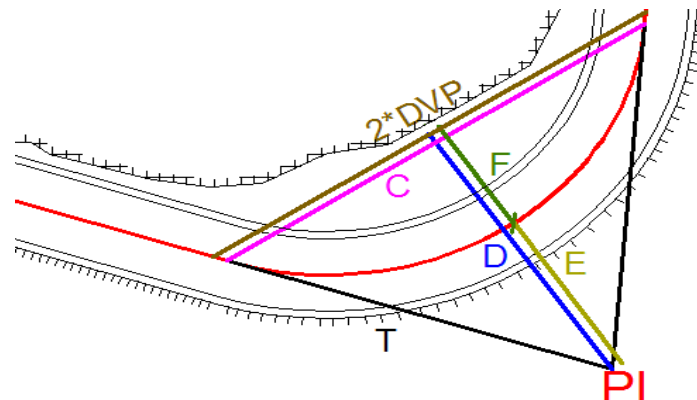
Punto Inicial	Punto Final	Pendiente Actual (i)	DVP (m)	DV para un solo carril con tráfico en dos direcciones (m)
0+000.00	0+045.00	15.94%	13.99	27.97
0+045.00	0+354.93	-13.59%	14.00	28.00
0+354.93	0+422.52	7.05%	14.10	28.20
0+422.52	0+578.62	-14.44%	14.00	27.99
0+578.62	0+653.10	9.02%	14.06	28.11
0+653.10	0+723.06	-10.27%	14.04	28.07
0+723.06	0+757.26	14.65%	13.99	27.99
0+757.26	0+829.14	-11.05%	14.03	28.05
0+829.14	0+864.95	14.14%	14.00	28.00
0+864.95	0+958.38	-12.54%	14.01	28.02
0+958.38	1+110.00	-4.75%	14.20	28.40
1+110.00	1+195.68	-14.73%	13.99	27.99
1+195.68	1+312.43	-3.51%	14.30	28.59
1+312.43	1+375.03	8.70%	14.06	28.13
1+375.03	1+426.35	-7.02%	14.10	28.21
1+426.35	1+495.98	12.08%	14.02	28.03
1+495.98	1+590.17	-15.22%	13.99	27.98
1+590.17	1+660.00	5.76%	14.15	28.29
1+660.00	1+727.65	-13.19%	14.01	28.01
1+727.65	1+820.21	4.02%	14.25	28.50
1+820.21	2+319.20	-12.19%	14.01	28.03
2+319.20	2+675.00	-6.09%	14.13	28.27
2+675.00	3+104.54	-12.29%	14.01	28.03
3+104.54	3+229.54	-4.17%	14.24	28.48
3+229.54	3+538.28	-13.12%	14.01	28.01
3+538.28	3+954.99	-1.13%	14.96	29.91
3+954.99	4+025.99	8.26%	14.07	28.14
4+025.99	4+099.99	-10.21%	14.04	28.08
4+099.99	4+179.99	10.23%	14.04	28.08
4+179.99	4+222.65	-4.28%	14.23	28.46
4+222.65	4+294.23	13.92%	14.00	28.00
4+294.23	4+345.81	-24.65%	13.95	27.90

Punto Inicial	Punto Final	Pendiente Actual (i)	DVP (m)	DV para un solo carril con tráfico en dos direcciones (m)
4+345.81	4+756.59	0.28%	16.40	32.80
4+756.59	4+865.00	8.67%	14.06	28.13
4+865.00	5+064.15	-9.08%	14.06	28.11
5+064.15	5+116.34	11.13%	14.03	28.05

3.5.9.5.1. Evaluación de distancia de visibilidad.

A continuación, se muestra la evaluación de las distancias de visibilidad de la carretera en su estado actual, para poder determinar si es necesario o no la existencia de banquetas con la finalidad de cumplir con las distancias mínimas de visibilidad establecidas en el MCNPDBVT. Para CBVT se debe tener en cuenta que debe existir una distancia F, la cual pueda proporcionar una distancia mínima de visibilidad igual a dos veces la distancia de visibilidad de parada.

Figura 3.4.9.5.1-1: Distancia de visibilidad en curva.



Donde:

DVP: Distancia de visibilidad de parada

T : Tangente

C : Longitud de cuerda de la curva

D : Distancia de PI hasta talud de banqueta de visibilidad

E : Externa

F : Distancia desde eje de la carretera hasta el talud de la banqueta de visibilidad

Cálculo de la distancia desde eje de la carretera hasta el talud de la banqueta de visibilidad (F):

Cálculo de la distancia del PI al centro de la longitud de la cuerda (G).

$$G = \sqrt{T^2 - \left(\frac{C}{2}\right)^2} \quad \dots (\text{Ecuación. 11})$$

Por semejanza de triángulos tenemos que:

$$\frac{D}{DVP} = \frac{G}{C/2} \quad \rightarrow \quad D = \frac{2 * G}{C} * DVP \quad \dots (\text{Ecuación. 12})$$

Por lo tanto, de las fórmulas anteriores deducimos que, la distancia desde el eje de la carretera hasta el talud de la banqueta de visibilidad (F) será calculado con la siguiente ecuación.

$$F = D - E \quad \dots (\text{Ecuación. 13})$$

Aplicando la ecuación 13 obtenemos los valores de la siguiente tabla:

Tabla 3.5.9.5.1-2: Verificación de la distancia de visibilidad.

N° Curva	Progresiva	Necesita ser evaluado	DVP	Distancia de PI a centro de Long. de cuerda (G)	Distancia de PI hasta talud de banqueta de visibilidad (D)	Distancia mínima desde eje de la carretera hasta el talud de la banqueta de visibilidad (F)	Distancia actual desde eje de la carretera hasta obstáculo	Necesita Banquetas de visibilidad
C1	0+198.15	NO	28.00	0.84	3.35	2.86	0.49	No Necesita
C2	0+319.02	NO	28.00	12.48	14.91	6.90	6.68	No Necesita
C3	0+445.76	NO	27.99	0.26	2.13	1.93	0.20	No Necesita
C4	0+467.53	NO	27.99	0.34	2.46	2.27	0.19	No Necesita
C5	0+502.98	NO	28.11	0.90	3.44	2.89	0.54	No Necesita
C6	0+532.95	NO	28.07	1.40	4.84	3.99	0.83	No Necesita
C7	0+573.65	NO	27.99	0.21	2.72	2.61	0.11	No Necesita
C8	0+776.45	SI	28.05	196.87	363.36	175.65	9.49	Necesita
C9	0+689.84	NO	28.00	0.00	0.00	0.13	0.13	No Necesita
C10	0+809.68	NO	28.02	5.43	7.73	4.35	3.20	No Necesita
C11	0+865.29	NO	28.40	8.83	13.45	7.83	4.85	No Necesita
C12	1+008.57	SI	27.99	94.96	181.17	94.56	8.96	Necesita
C13	0+991.94	NO	28.11	13.90	20.79	11.57	6.74	No Necesita
C14	1+042.02	NO	28.11	1.60	5.86	4.85	0.97	No Necesita

N° Curva	Progresiva	Necesita ser evaluado	DVP	Distancia de PI a centro de Long. de cuerda (G)	Distancia de PI hasta talud de banquetta de visibilidad (D)	Distancia mínima desde eje de la carretera hasta el talud de la banquetta de visibilidad (F)	Distancia actual desde eje de la carretera hasta obstáculo	Necesita Banquetas de visibilidad
C15	1+066.37	NO	28.11	2.36	7.25	5.79	1.39	No Necesita
C16	1+103.07	NO	28.11	0.26	2.18	2.04	0.14	No Necesita
C17	1+140.47	NO	28.11	0.34	2.52	2.28	0.23	No Necesita
C18	1+163.29	NO	28.11	0.17	1.68	1.55	0.13	No Necesita
C19	1+210.52	NO	28.11	3.23	8.46	6.44	1.89	No Necesita
C20	1+256.74	NO	28.07	2.80	7.88	6.15	1.64	No Necesita
C21	1+284.93	NO	28.07	1.61	6.00	5.03	0.94	No Necesita
C22	1+438.30	NO	28.07	0.61	2.76	2.37	0.39	No Necesita
C23	1+568.87	NO	28.07	3.79	7.08	4.74	2.24	No Necesita
C24	1+629.61	NO	28.07	4.77	5.59	2.66	2.85	No Necesita
C25	1+711.41	NO	28.07	0.91	2.77	2.21	0.56	No Necesita
C26	1+796.90	NO	28.07	1.42	4.79	3.91	0.86	No Necesita
C27	1+948.50	SI	28.07	23.57	33.23	16.47	9.12	Necesita
C28	2+049.22	NO	27.99	2.49	5.69	4.16	1.49	No Necesita
C29	2+128.59	NO	27.99	6.66	10.61	6.41	3.80	No Necesita
C30	2+228.56	NO	27.99	1.49	4.91	3.98	0.90	No Necesita

N° Curva	Progresiva	Necesita ser evaluado	DVP	Distancia de PI a centro de Long. de cuerda (G)	Distancia de PI hasta talud de banquetta de visibilidad (D)	Distancia mínima desde eje de la carretera hasta el talud de la banquetta de visibilidad (F)	Distancia actual desde eje de la carretera hasta obstáculo	Necesita Banquetas de visibilidad
C31	2+390.69	NO	28.05	0.32	1.73	1.56	0.17	No Necesita
C32	2+441.65	NO	28.05	0.25	2.22	2.05	0.17	No Necesita
C33	2+451.13	NO	28.05	0.81	4.19	3.70	0.49	No Necesita
C34	2+500.61	NO	28.02	0.67	3.80	3.39	0.40	No Necesita
C35	2+623.36	SI	28.02	7.93	13.62	8.56	4.33	Necesita
C36	2+716.09	NO	28.02	0.22	1.27	1.12	0.15	No Necesita
C37	2+838.68	NO	28.02	1.87	3.91	2.77	1.12	No Necesita
C38	3+035.41	NO	28.02	1.53	3.50	2.55	0.93	No Necesita
C39	3+226.82	NO	28.02	25.67	13.41	2.95	14.06	No Necesita
C40	3+539.61	SI	28.02	15.86	20.12	9.63	7.77	Necesita
C41	3+844.21	NO	28.02	1.58	3.92	2.94	0.97	No Necesita
C42	4+070.35	SI	28.02	1.96	5.05	3.85	1.17	Necesita
C43	4+197.26	NO	28.40	6.93	9.78	5.44	3.99	No Necesita
C44	4+286.91	NO	28.40	1.98	6.67	5.44	1.18	No Necesita
C45	4+348.36	NO	28.40	5.18	10.96	7.69	2.95	No Necesita
C46	4+436.94	NO	27.99	2.06	5.21	3.96	1.22	No Necesita

N° Curva	Progresiva	Necesita ser evaluado	DVP	Distancia de PI a centro de Long. de cuerda (G)	Distancia de PI hasta talud de banquetta de visibilidad (D)	Distancia mínima desde eje de la carretera hasta el talud de la banquetta de visibilidad (F)	Distancia actual desde eje de la carretera hasta obstáculo	Necesita Banquetas de visibilidad
C47	4+494.66	NO	28.59	5.68	6.21	2.69	3.40	No Necesita
C48	4+644.59	NO	28.59	1.94	5.79	4.61	1.15	No Necesita
C49	4+705.57	NO	28.59	4.13	8.48	5.92	2.40	No Necesita
C50	4+753.51	NO	28.21	1.02	4.19	3.59	0.59	No Necesita
C51	4+831.58	NO	28.21	4.47	10.08	7.28	2.56	No Necesita
C52	4+947.72	NO	28.03	1.84	4.45	3.32	1.11	No Necesita
C53	5+010.32	NO	28.03	0.82	5.16	4.65	0.50	No Necesita

Tabla 3.5.9.5.1-2: Distancia de velocidad de parada-Cuadro resumen

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Necesita	No Necesita
Necesidad de banquetas de visibilidad	6	47
%	11.3%	88.7%

3.5.9.6.Peralte

Para el análisis de este parámetro de diseño, se tuvo en cuenta el peralte mínimo y máximo, acorde con lo dispuesto en el Manual De Carreteras De Bajo Volumen de Tránsito. El peralte máximo tendrá como valor máximo normal 8% y como valor excepcional 10%. En carreteras afirmadas bien drenadas en casos extremos, podría justificarse un peralte máximo alrededor de 12%.

El cálculo del peralte se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$p = \frac{V^2}{127R} - f \quad \dots \text{(Ecuación. 14)}$$

Donde:

p: Peralte máximo asociado a la velocidad.

V: Velocidad de diseño (km/h).

R: Radio mínimo absoluto(m).

F: Coeficiente de fricción lateral máximo asociado a V.

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

Tabla 3.4.5.6-1: Evaluación y verificación del peralte

N° de curva	Progresiva	Peralte actual (%)	Peralte calculado (%)	Evaluación de peralte
C1	0+198.15	12.0	4.60	Cumple
C2	0+319.02	8.2	5.20	Cumple
C3	0+445.76	9.0	5.90	Cumple
C4	0+467.53	7.0	5.20	Cumple
C5	0+502.98	8.0	5.20	Cumple
C6	0+532.95	9.0	5.20	Cumple

N° de curva	Progresiva	Peralte actual (%)	Peralte calculado (%)	Evaluación de peralte
C7	0+573.65	23.6	7.10	Cumple
C8	0+776.45	7.0	8.00	No Cumple
C9	0+689.84	8.5	2.70	Cumple
C10	0+809.68	6.5	4.10	Cumple
C11	0+865.29	7.5	5.90	Cumple
C12	1+008.57	8.5	8.00	Cumple
C13	0+991.94	18.9	7.10	Cumple
C14	1+042.02	8.0	5.90	Cumple
C15	1+066.37	9.0	5.90	Cumple
C16	1+103.07	8.0	5.20	Cumple
C17	1+140.47	7.0	5.90	Cumple
C18	1+163.29	8.0	5.90	Cumple
C19	1+210.52	12.0	5.90	Cumple
C20	1+256.74	8.2	5.90	Cumple
C21	1+284.93	9.0	5.90	Cumple
C22	1+438.30	7.0	4.60	Cumple
C23	1+568.87	8.0	4.60	Cumple
C24	1+629.61	9.0	2.70	Cumple
C25	1+711.41	11.0	3.60	Cumple
C26	1+796.90	7.0	5.20	Cumple
C27	1+948.50	8.5	7.10	Cumple
C28	2+049.22	14.0	4.60	Cumple
C29	2+128.59	7.5	5.20	Cumple
C30	2+228.56	8.5	5.20	Cumple
C31	2+390.69	16.8	3.30	Cumple
C32	2+441.65	8.0	7.10	Cumple
C33	2+451.13	9.0	5.90	Cumple
C34	2+500.61	8.0	5.90	Cumple
C35	2+623.36	7.0	5.90	Cumple
C36	2+716.09	8.0	3.30	Cumple
C37	2+838.68	12.0	3.30	Cumple
C38	3+035.41	8.2	3.30	Cumple
C39	3+226.82	9.0	2.70	Cumple

N° de curva	Progresiva	Peralte actual (%)	Peralte calculado (%)	Evaluación de peralte
C40	3+539.61	7.0	5.90	Cumple
C41	3+844.21	8.0	4.10	Cumple
C42	4+070.35	9.0	4.60	Cumple
C43	4+197.26	13.0	4.60	Cumple
C44	4+286.91	7.0	5.90	Cumple
C45	4+348.36	8.5	5.90	Cumple
C46	4+436.94	14.0	4.60	Cumple
C47	4+494.66	7.5	2.70	Cumple
C48	4+644.59	8.5	5.20	Cumple
C49	4+705.57	16.8	5.20	Cumple
C50	4+753.51	8.0	5.90	Cumple
C51	4+831.58	9.0	5.90	Cumple
C52	4+947.72	8.0	4.10	Cumple
C53	5+010.32	7.0	7.10	No Cumple

Tabla 3.4.9.6-2: Evaluación del peralte-Cuadro resumen

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Peralte	51	2
%	96.2 %	3.8 %

3.5.9.7. Sobreancho

Para el cálculo del sobreancho se considera la formula dada por la siguiente ecuación

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad \dots \text{(Ecuación. 15)}$$

Donde:

n: número de carriles, (n=2)

R: radio de la curva (m)

L: distancia entre el eje posterior y la parte frontal (m) del vehículo de diseño, (L=7.30 m)

V: Velocidad de diseño (km/h), (V=20 km/h)

Tabla 3.5.9.7-1: Evaluación y verificación del sobreancho

Nº Curva	Progresiva	Sobreancho Actual (m)	Sobreancho Calculado	Evaluación
C1	0+029.28	0.85	1	No Cumple
C2	0+053.84	2.00	1.2	Cumple
C3	0+209.80	0.50	1.5	No Cumple
C4	0+227.44	0.50	1.2	No Cumple
C5	0+264.51	1.10	1	Cumple
C6	0+333.00	1.00	1.2	No Cumple
C7	0+432.87	1.00	2.1	No Cumple
C8	0+460.91	0.90	4.2	No Cumple
C9	0+482.68	1.50	0.6	Cumple
C10	0+535.00	0.90	0.9	Cumple
C11	0+572.91	0.90	1.3	No Cumple
C12	0+712.84	1.00	4.2	No Cumple
C13	0+772.53	0.90	1.7	No Cumple
C14	0+814.47	1.00	1.5	No Cumple
C15	0+834.61	0.50	1.5	No Cumple
C16	0+862.02	1.25	1.2	Cumple
C17	0+917.65	0.50	1.5	No Cumple
C18	0+993.22	0.55	1.5	No Cumple
C19	1+036.68	1.50	1.5	Cumple
C20	1+072.03	0.65	1.5	No Cumple
C21	1+110.15	1.50	1.5	Cumple
C22	1+160.12	1.00	1	Cumple
C23	1+197.06	1.60	1	Cumple
C24	1+230.60	1.30	0.6	Cumple
C25	1+466.50	0.85	0.7	Cumple
C26	1+485.82	2.00	1.2	Cumple
C27	1+524.26	0.50	2.1	No Cumple
C28	1+667.94	1.10	1	Cumple
C29	1+698.81	0.80	1.2	No Cumple
C30	1+734.15	1.00	1.2	No Cumple
C31	1+800.08	1.00	0.7	Cumple
C32	1+835.81	0.90	1.5	No Cumple
C33	1+858.92	1.50	1.5	Cumple

Nº Curva	Progresiva	Sobreeancho Actual (m)	Sobreeancho Calculado	Evaluación
C34	1+923.43	1.20	1.5	No Cumple
C35	1+922.87	0.90	1.5	No Cumple
C36	1+937.22	1.20	0.7	Cumple
C37	1+961.24	0.90	0.7	Cumple
C38	2+035.82	1.00	0.7	Cumple
C39	2+071.50	0.50	0.5	Cumple
C40	2+080.03	1.00	1.5	No Cumple
C41	2+101.77	0.80	0.8	Cumple
C42	2+143.66	1.00	1	Cumple
C43	2+210.43	0.85	0.5	Cumple
C44	2+233.68	2.00	1.5	Cumple
C45	2+282.13	0.50	1.5	No Cumple
C46	2+336.43	0.50	1	No Cumple
C47	2+420.09	0.80	0.6	Cumple
C48	2+480.53	1.00	1.2	No Cumple
C49	2+531.08	1.00	1.2	No Cumple
C50	2+628.61	1.25	1.2	Cumple
C51	2+658.85	1.50	1.5	Cumple
C52	2+732.11	1.20	0.9	Cumple
C53	2+746.15	0.90	0.5	Cumple

Tabla 3.4.9.7-2: Evaluación y verificación del sobreeancho-Cuadro resumen

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Sobreeancho	28	25
%	47.2 %	52.8 %

3.5.10. DISEÑO GEOMETRICO EN PERFIL

3.5.10.1. Pendiente Longitudinal

Basándose en el Manual De Carreteras No Pavimentadas De Bajo Volumen de Tránsito, los parámetros de la pendiente serán:

- Pendiente mínima no deberá ser menor que 0.5%.
- De acuerdo con la clasificación según la orografía estamos frente a un terreno accidentado o montañoso por lo tanto el MDCNPVBT establece como pendiente máxima 10%.

Tabla 3.4.10.1-1: Verificación de las pendientes longitudinales-mínima y máxima.

Punto Inicial	Punto Final	Pendiente Actual	Pendiente máxima	Pendiente mínima	Evaluación de pendiente
0+000.00	0+045.00	15.94%	10%	0.50%	No Cumple
0+045.00	0+354.93	13.59%	10%	0.50%	No Cumple
0+354.93	0+422.52	7.05%	10%	0.50%	Cumple
0+422.52	0+578.62	14.44%	10%	0.50%	No Cumple
0+578.62	0+653.10	9.02%	10%	0.50%	Cumple
0+653.10	0+723.06	10.27%	10%	0.50%	No Cumple
0+723.06	0+757.26	14.65%	10%	0.50%	No Cumple
0+757.26	0+829.14	11.05%	10%	0.50%	No Cumple
0+829.14	0+864.95	14.14%	10%	0.50%	No Cumple
0+864.95	0+958.38	12.54%	10%	0.50%	No Cumple
0+958.38	1+110.00	4.75%	10%	0.50%	Cumple
1+110.00	1+195.68	14.73%	10%	0.50%	No Cumple
1+195.68	1+312.43	3.51%	10%	0.50%	Cumple
1+312.43	1+375.03	8.70%	10%	0.50%	Cumple
1+375.03	1+426.35	7.02%	10%	0.50%	Cumple
1+426.35	1+495.98	12.08%	10%	0.50%	No Cumple
1+495.98	1+590.17	15.22%	10%	0.50%	No Cumple
1+590.17	1+660.00	5.76%	10%	0.50%	Cumple
1+660.00	1+727.65	13.19%	10%	0.50%	No Cumple
1+727.65	1+820.21	4.02%	10%	0.50%	Cumple
1+820.21	2+319.20	12.19%	10%	0.50%	No Cumple
2+319.20	2+675.00	6.09%	10%	0.50%	Cumple
2+675.00	3+104.54	12.29%	10%	0.50%	No Cumple
3+104.54	3+229.54	4.17%	10%	0.50%	Cumple
3+229.54	3+538.28	13.12%	10%	0.50%	No Cumple
3+538.28	3+954.99	1.13%	10%	0.50%	Cumple
3+954.99	4+025.99	8.26%	10%	0.50%	Cumple
4+025.99	4+099.99	10.21%	10%	0.50%	No Cumple
4+099.99	4+179.99	10.23%	10%	0.50%	No Cumple
4+179.99	4+222.65	4.28%	10%	0.50%	Cumple
4+222.65	4+294.23	13.92%	10%	0.50%	No Cumple
4+294.23	4+345.81	24.65%	10%	0.50%	No Cumple

Punto Inicial	Punto Final	Pendiente Actual	Pendiente máxima	Pendiente mínima	Evaluación de pendiente
4+345.81	4+756.59	0.28%	10%	0.50%	No Cumple
4+756.59	4+865.00	8.67%	10%	0.50%	Cumple
4+865.00	5+064.15	9.08%	10%	0.50%	Cumple
5+064.15	5+116.34	11.13%	10%	0.50%	No Cumple

Tabla 3.4.10.1-2: Verificación de las pendientes longitudinales-mínima y máxima-Cuadro resumen.

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Pendientes	15	21
%	41.7 %	58.3 %

3.5.10.2. Curvas Verticales

Con el programa AutoCAD CIVIL 3D, se realizó el perfil longitudinal a partir del diseño propuesto en planta, de acuerdo al levantamiento topográfico realizado se recreó las curvas verticales existentes, cóncavas y convexas simétricas, con el fin de determinar características como longitud de curva, pendientes e índice de curvatura.

En la siguiente tabla se detalla las características de cada una de las curvas verticales existentes.

Tabla 3.5.10.2-1: Cálculo del índice de curvatura (K) en curvas verticales.

N° Curva	Tipo De Curva	Pendiente De Entrada	Pendiente De Salida	Diferencia Algebraica De Pendientes	Longitud De Curva Actual	K(m)
1	Convexa	15.94%	-13.59%	29.53%	50.000m	1.693
2	Cóncava	7.05%	-14.44%	21.49%	40.000m	1.861
3	Convexa	9.02%	-10.27%	19.29%	40.000m	2.073
4	Cóncava	-10.27%	14.65%	-24.92%	30.000m	1.204
5	Convexa	14.65%	-11.05%	25.70%	30.000m	1.167
6	Cóncava	-11.05%	14.14%	-25.19%	30.000m	1.191
7	Convexa	-12.54%	-4.75%	-7.79%	40.000m	5.135
8	Cóncava	-4.75%	-14.73%	9.98%	40.000m	4.008

N° Curva	Tipo De Curva	Pendiente De Entrada	Pendiente De Salida	Diferencia Algebraica De Pendientes	Longitud De Curva Actual	K(m)
9	Convexa	-14.73%	-3.51%	-11.22%	40.000m	3.563
10	Cóncava	-3.51%	8.70%	-12.21%	20.000m	1.639
11	Convexa	8.70%	-7.02%	15.72%	30.000m	1.909
12	Cóncava	-7.02%	12.08%	-19.10%	40.000m	2.094
13	Cóncava	12.08%	-15.22%	27.30%	40.000m	1.465
14	Convexa	-15.22%	5.76%	-20.98%	40.000m	1.907
15	Cóncava	5.76%	-13.19%	18.95%	40.000m	2.111
16	Convexa	-13.19%	4.02%	-17.21%	40.000m	2.324
17	Cóncava	4.02%	-12.19%	16.21%	40.000m	2.469
18	Convexa	-12.19%	-6.09%	-6.10%	50.000m	8.199
19	Cóncava	-6.09%	-12.29%	6.20%	50.000m	8.064
20	Convexa	-12.29%	-4.17%	-8.12%	50.000m	6.157
21	Cóncava	-4.17%	-13.12%	8.95%	40.000m	4.466
22	Convexa	-13.12%	-1.13%	-11.99%	50.000m	4.171
23	Cóncava	-1.13%	8.26%	-9.39%	30.000m	3.192
24	Convexa	8.26%	-10.21%	18.47%	50.000m	2.706
25	Cóncava	-10.21%	10.23%	-20.44%	60.000m	2.935
26	Cóncava	10.23%	-4.28%	14.51%	40.000m	2.756
27	Convexa	-4.28%	13.92%	-18.20%	50.000m	2.747
28	Cóncava	13.92%	-24.65%	38.57%	30.000m	0.778
29	Convexa	-24.65%	0.28%	-24.93%	30.000m	1.203
30	Cóncava	0.28%	8.67%	-8.39%	50.000m	5.961
31	Convexa	8.67%	-9.08%	17.75%	30.000m	1.69
32	Cóncava	-9.08%	11.13%	-20.21%	30.000m	1.484

3.5.10.2.1. Evaluación de Curvas verticales

En la siguiente tabla se muestran las longitudes de curvas verticales calculadas teniendo en cuenta la ecuación. 8 y como parámetros, la velocidad directriz de 20km/h y los valores de K, calculados en base a las tablas 2.9.11.5.1.2-1 y 2.9.11.5.1.2-2.

Tabla 3.4.10.2.1-1: Evaluación de longitudes de curvas verticales

N° curva vertical	Progresiva	Long. de curva vertical calculada	Long. de curva vertical actual (m)	Evaluación de longitud de curva vertical
1	0+070.00m	56.11	50.00	No Cumple
2	0+374.93m	128.94	40.00	No Cumple
3	0+442.52m	36.65	40.00	Cumple
4	0+608.62m	149.52	30.00	No Cumple
5	0+673.10m	48.83	30.00	No Cumple
6	0+738.06m	151.14	30.00	No Cumple
7	0+772.26m	14.80	40.00	Cumple
8	0+844.14m	59.88	40.00	No Cumple
9	0+884.95m	21.32	40.00	Cumple
10	0+978.38m	73.26	20.00	No Cumple
11	1+130.00m	29.87	30.00	Cumple
12	1+215.68m	114.60	40.00	No Cumple
13	1+322.43m	163.80	40.00	No Cumple
14	1+390.03m	39.86	40.00	Cumple
15	1+446.35m	113.70	40.00	No Cumple
16	1+515.98m	32.70	40.00	Cumple
17	1+610.17m	97.26	40.00	No Cumple
18	1+680.00m	11.59	50.00	Cumple
19	1+747.65m	37.20	50.00	Cumple
20	1+840.21m	15.43	50.00	Cumple
21	2+344.20m	53.70	40.00	No Cumple
22	2+700.00m	22.78	50.00	Cumple
23	3+129.54m	56.34	30.00	No Cumple
24	3+249.54m	35.09	50.00	Cumple
25	3+563.28m	122.64	60.00	No Cumple
26	3+969.99m	87.06	40.00	No Cumple
27	4+050.99m	34.58	50.00	Cumple
28	4+129.99m	231.42	30.00	No Cumple
29	4+199.99m	47.37	30.00	No Cumple
30	4+247.65m	50.34	50.00	No Cumple

N° curva vertical	Progresiva	Long. de curva vertical calculada	Long. de curva vertical actual (m)	Evaluación de longitud de curva vertical
31	4+309.23m	33.73	30.00	No Cumple
32	4+360.81m	121.26	30.00	No Cumple

Tabla 3.4.10.2.1-2: Evaluación de longitudes de curvas verticales-Cuadro resumen

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Pendientes	12	20
%	37.5 %	62.5 %

3.5.11. DISEÑO GEOMETRICO DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES

3.5.11.1. Plataforma (ancho de calzada y bermas)

En la carretera en estudio no se evidencia una separación notoria entre calzada y berma, solamente se puede observar un ancho uniforme, por lo que se evaluará como plataforma, es decir, calzada y berma, como una sola dimensión.

La calzada para este tipo de carretera es de 3.5 m y las bermas serán de 0.5 m, considerándose una a cada lado de la calzada, obteniéndose una plataforma de 4.5 m, como mínimo para que la carretera cumpla con lo establecido en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de tránsito (MDCNPBVT).

En la tabla siguiente se muestra la verificación de los dos parámetros antes mencionados.

Tabla 3.5.11.1-1: Evaluación de ancho de plataforma (calzada y berma)

Progresiva	Ancho De Plataforma	Ancho De Calzada Y Berma min. (M)	Evaluación De Plataforma
0+000.00	3.50	4.5	No Cumple
0+198.15	3.50	4.5	No Cumple
0+319.02	4.50	4.5	Cumple
0+445.76	4.50	4.5	Cumple
0+467.53	4.50	4.5	Cumple
0+502.98	4.00	4.5	No Cumple
0+532.95	3.50	4.5	No Cumple
0+573.65	4.50	4.5	Cumple

Progresiva	Ancho De Plataforma	Ancho De Calzada Y Berma min. (M)	Evaluación De Plataforma
0+776.45	4.50	4.5	Cumple
0+689.84	4.50	4.5	Cumple
0+809.68	5.00	4.5	Cumple
0+865.29	6.00	4.5	Cumple
1+008.57	7.00	4.5	Cumple
0+991.94	4.50	4.5	Cumple
1+042.02	4.90	4.5	Cumple
1+066.37	4.50	4.5	Cumple
1+103.07	3.50	4.5	No Cumple
1+140.47	4.00	4.5	No Cumple
1+163.29	4.50	4.5	Cumple
1+210.52	3.50	4.5	No Cumple
1+256.74	5.00	4.5	Cumple
1+284.93	4.50	4.5	Cumple
1+438.30	4.00	4.5	No Cumple
1+568.87	6.50	4.5	Cumple
1+629.61	4.50	4.5	Cumple
1+711.41	4.50	4.5	Cumple
1+796.90	3.50	4.5	No Cumple
1+948.50	4.00	4.5	No Cumple
2+049.22	4.50	4.5	Cumple
2+128.59	7.20	4.5	Cumple
2+228.56	4.00	4.5	No Cumple
2+390.69	4.50	4.5	Cumple
2+441.65	4.00	4.5	No Cumple
2+451.13	4.00	4.5	No Cumple
2+500.61	4.50	4.5	Cumple
2+623.36	4.00	4.5	No Cumple
2+716.09	6.90	4.5	Cumple
2+838.68	4.60	4.5	Cumple
3+035.41	3.50	4.5	No Cumple
3+226.82	4.50	4.5	Cumple
3+539.61	3.50	4.5	No Cumple
3+844.21	5.00	4.5	Cumple
4+070.35	4.50	4.5	Cumple
4+197.26	3.5	4.5	No Cumple
4+286.91	7	4.5	Cumple
4+348.36	4.5	4.5	Cumple

Progresiva	Ancho De Plataforma	Ancho De Calzada Y Berma min. (M)	Evaluación De Plataforma
4+436.94	4.5	4.5	Cumple
4+494.66	4.5	4.5	Cumple
4+644.59	4	4.5	No Cumple
4+705.57	3.5	4.5	No Cumple
4+753.51	4.5	4.5	Cumple
4+831.58	3.5	4.5	No Cumple
4+947.72	4.5	4.5	Cumple
5+010.32	5	4.5	Cumple
5+116.00	4.5	4.5	Cumple

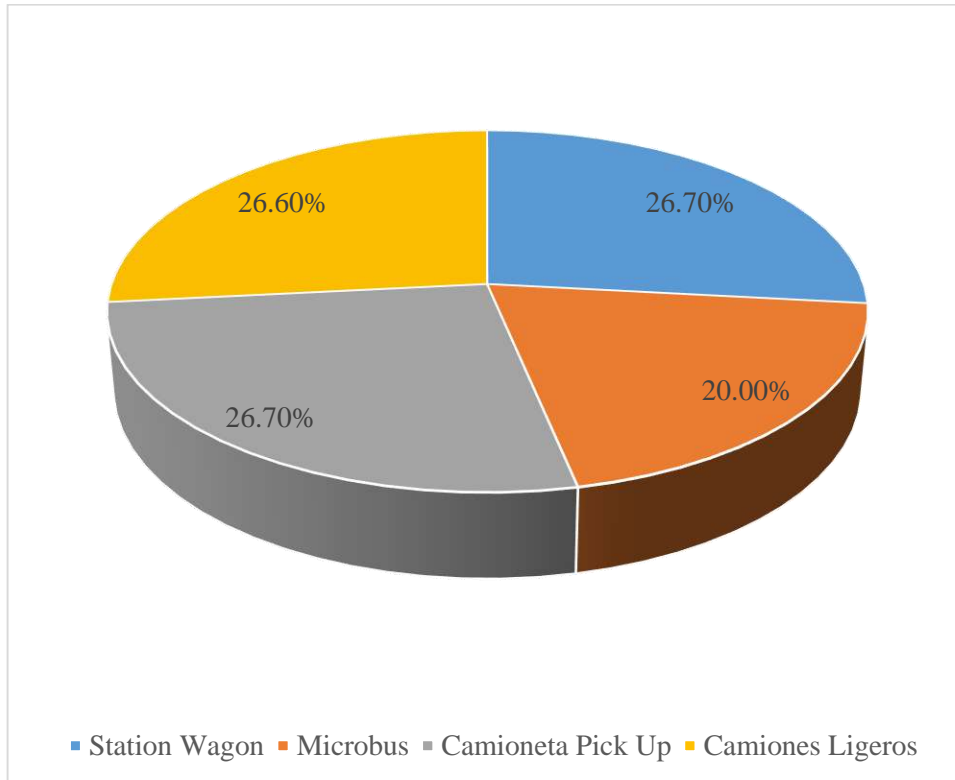
Tabla 3.4.11.1-2: Evaluación de ancho de plataforma (calzada y berma)

CUADRO RESUMEN		
Descripción	Cumple	No cumple
Ancho de plataforma	35	20
%	63.6 %	36.4 %

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. CARACTERÍSTICAS DEL TRÁNSITO

Figura 4.1-1: Distribución del tránsito (%)

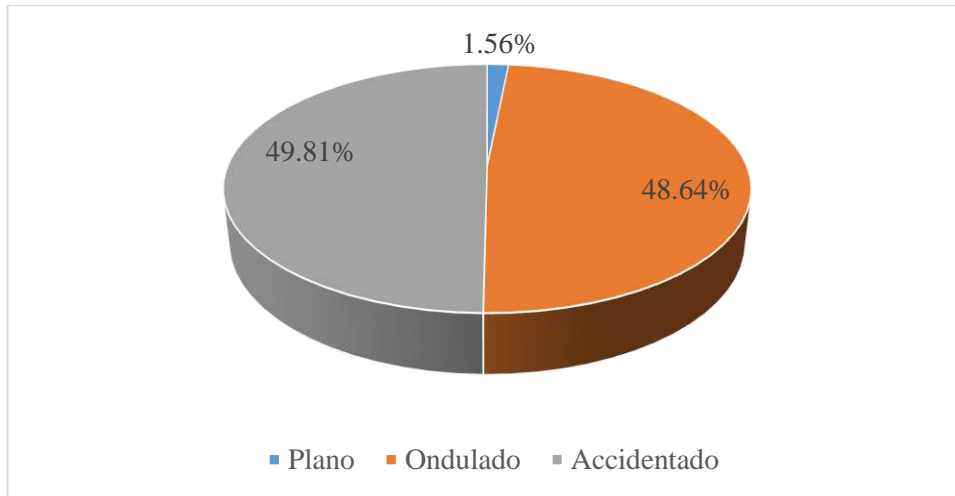


Comentario:

De acuerdo al análisis realizado en base a las características básicas del flujo vehicular es de 15 veh/día; por lo que corresponde clasificarla a esta carretera de BVT del tipo T0.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA OROGRAFÍA

Figura 4.2-1: Porcentaje de distribución del tránsito (%)



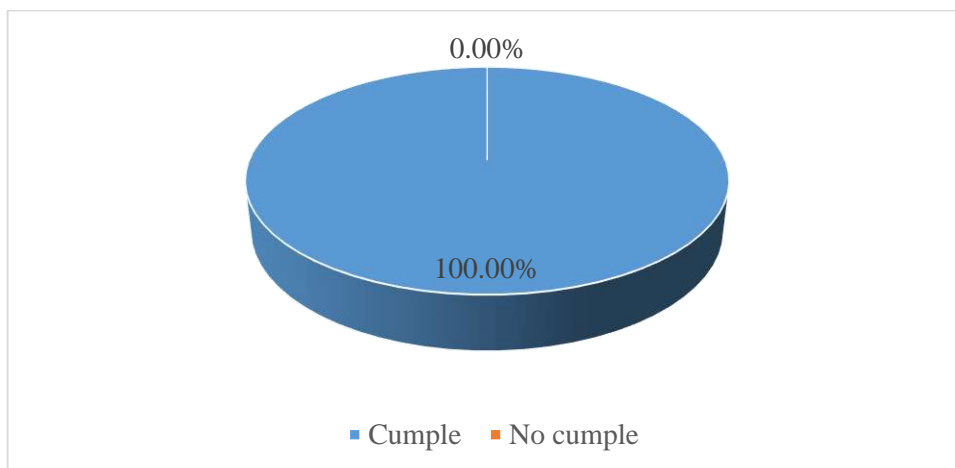
Comentario:

De acuerdo al análisis de la pendiente transversal, realizada a cada 20 m y a lo largo de todo el eje de la carretera, y los porcentajes obtenidos en la figura 4.2-1 se determina que la orografía predominante es accidentada o montañosa según MDNPVBT (Tipo 3).

4.3. DISEÑO GEOMÉTRICO EN PLANTA

4.3.1. Radio Mínimo.

Figura 4.3.1-1: Porcentaje de cumplimiento de radio mínimo.

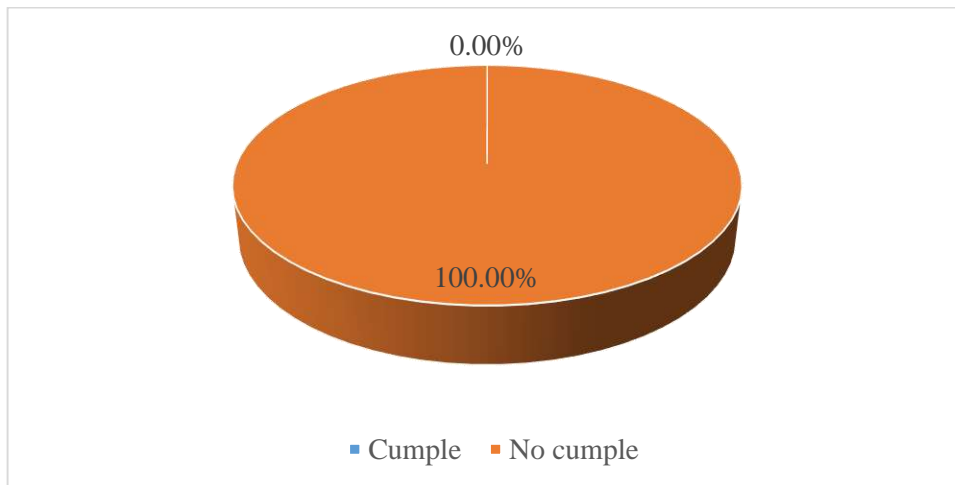


Comentario:

Las curvas horizontales analizadas en total son 53 de las cuales el 100% cumplen con el radio mínimo establecido en el Manual de Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito.

4.3.2. Longitud de curvas

Figura 4.3.2-1: Porcentaje de cumplimiento de longitud de curva mínima.

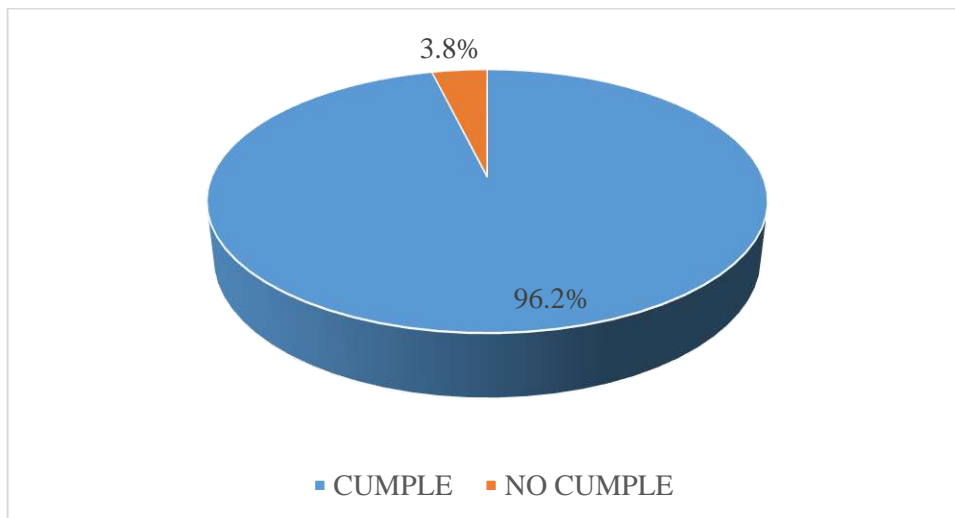


Comentario:

En el gráfico anterior se observa que el 100% de curvas no cumplen con la longitud mínima de curva requerida por el Manual de Diseño de Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito, esto es un indicador de que el alineamiento de la carretera es bastante irregular y quebrada, lo que genera que en las curvas no se tenga un desplazamiento cómodo del vehículo.

4.3.3. Longitud de Transición de Peralte

Figura 4.3.3-1: Porcentaje de cumplimiento de la longitud de transición de peralte.

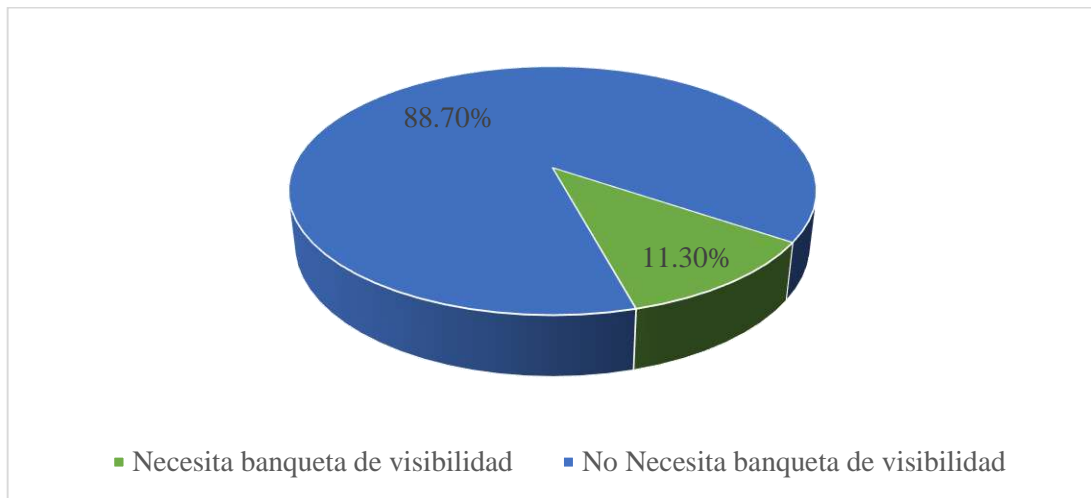


Comentario:

De la figura anterior se tiene que para la longitud de transición el 96.2% de las curvas cumplen con la longitud mínima establecida en el MDCNPBVT, mientras que el 3.8% no cumplen con este parámetro.

4.3.4. Distancias de visibilidad en curvas horizontales

Figura 4.3.4-1: Porcentaje de curvas que necesitan banquetas de visibilidad.

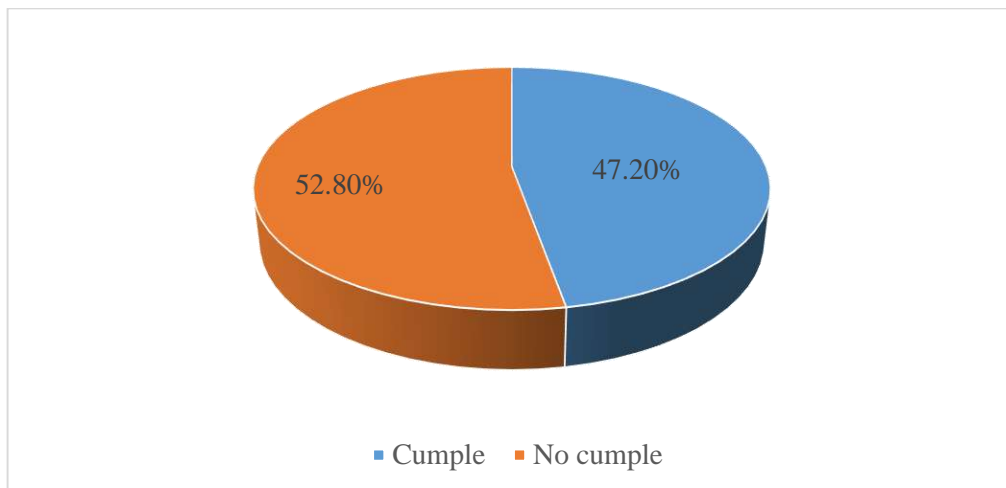


Comentario:

Del gráfico anterior se determina que de las 53 curvas existentes el 11.30% (6 curvas) presentan obstrucción de visibilidad en el talud de corte, por lo que se necesitan banquetas para obtener una eficiente visibilidad y mejore la tranquilidad del conductor, sin embargo, el 88.70% (47 curvas) cumplen con la visibilidad establecida por este parámetro.

4.3.5. Sobreancho

Figura 4.3.5-1: Porcentaje de cumplimiento de sbreancho calculado.

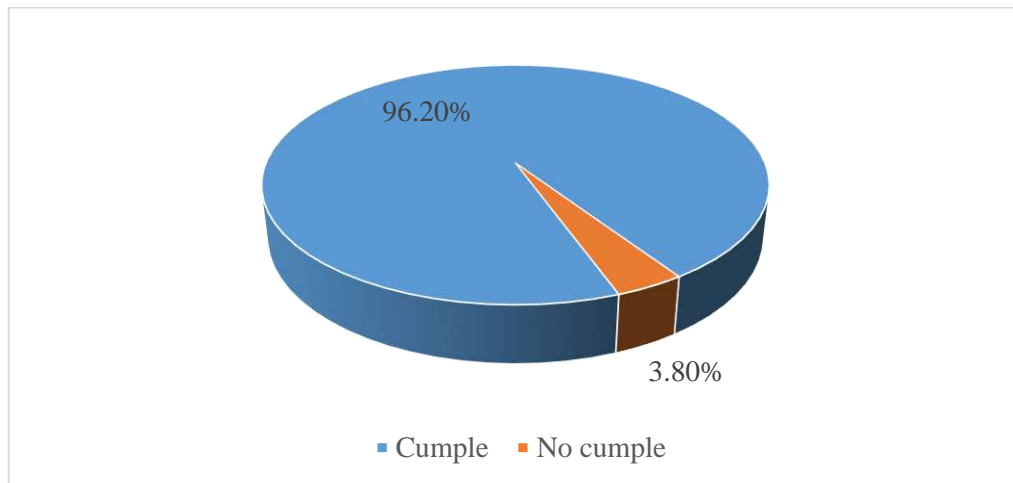


Comentario:

Del gráfico anterior se determina que el 47.20% de curvas cumplen con el sobreancho estipulado en el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito y el 52.80% no cumple.

4.3.6. Peralte

Figura 4.3.6-1: Porcentaje de cumplimiento de peralte.



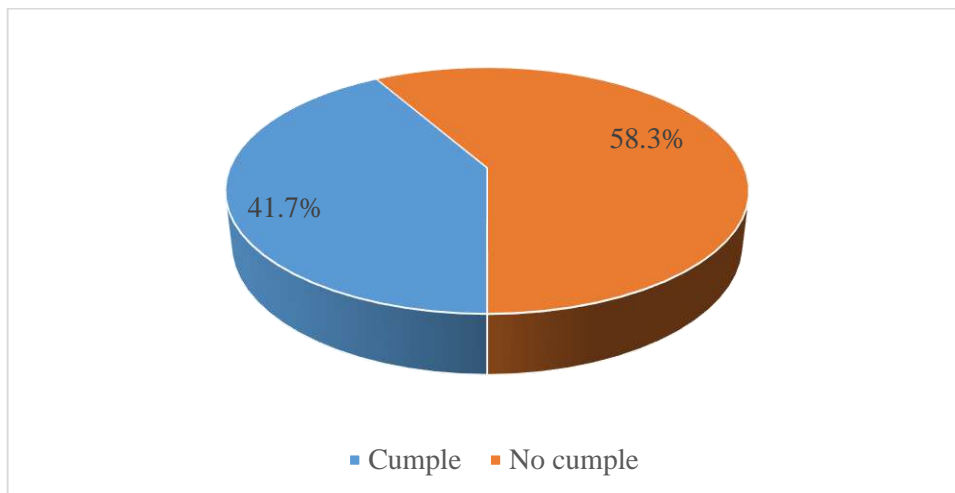
Comentario:

Del análisis general de datos se obtiene que el 3.80% de curvas no cumple con el peralte establecido o tiene un peralte incorrecto y el 96.20% de las curvas si cumplen con este parámetro.

4.4. ANALISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO EN PERFIL

4.4.1. Pendiente Longitudinal

Figura 4.4.1-1: Resumen porcentual del cumplimiento de la pendiente longitudinal

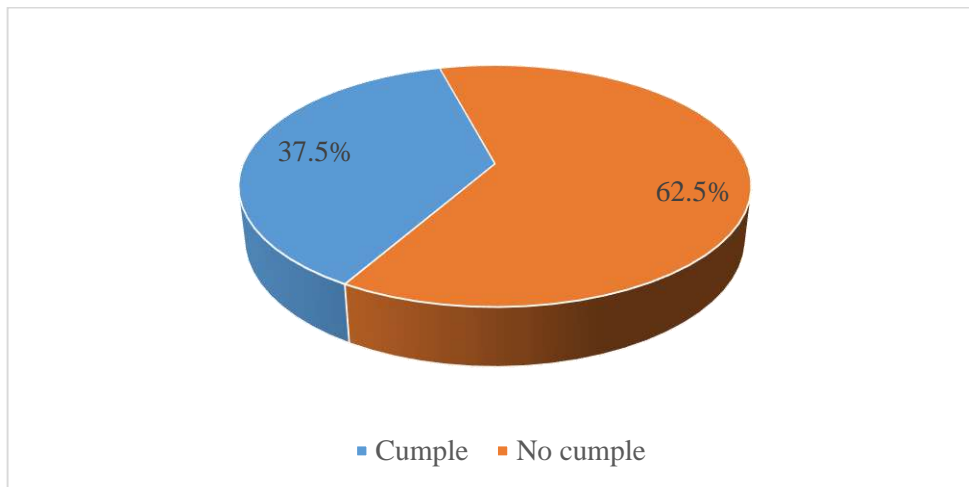


Comentario:

De acuerdo al gráfico anterior se tiene que el 71.70% no cumple con las pendientes establecidas en el MDCNPBVT, y un 28.30% que si cumple con este parámetro.

4.4.2. Curvas Verticales-Longitud de curvas.

Figura 4.4.2-1: Porcentaje de cumplimiento de la longitud de curvas verticales.



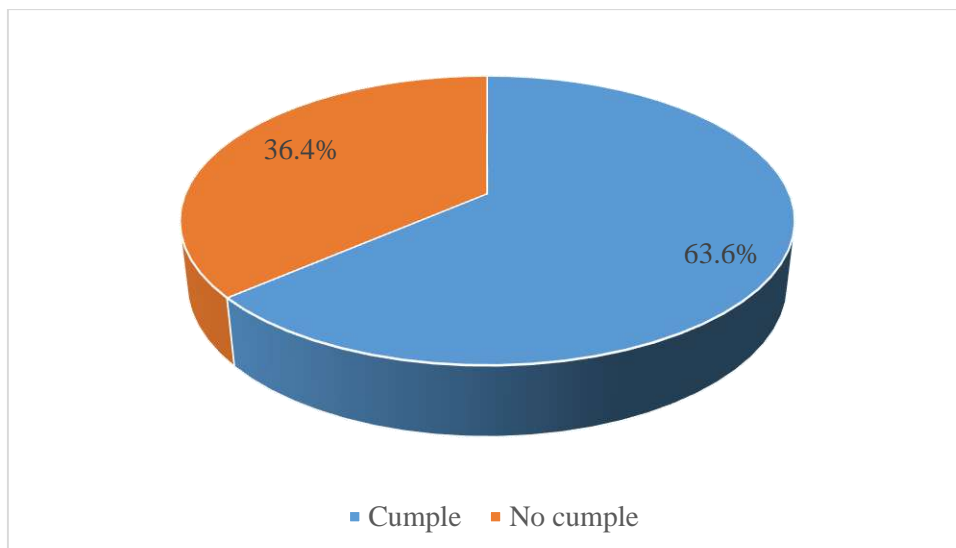
Comentario:

De las 32 curvas verticales que contiene todo el alineamiento, 12 curvas cumple con la longitud mínima, mientras que los 20 restantes no cumplen con este parámetro.

4.5. ANÁLISIS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA SECCION TRANSVERSAL.

4.5.1. Plataforma (Ancho de calzada y bermas)

Figura 4.5.1-1: Porcentaje de cumplimiento de ancho de plataforma.



Comentario:

A lo largo toda la longitud de la carretera afirmada se consideró el ancho de la plataforma de 4.5 m. (resultante de la suma del ancho de calzada y del ancho de las bermas); del cual se cumple con el 63.6%, mientras que el 36.4% no cumple con el ancho mínimo.

4.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación guardan relación con lo que sostienen los autores a nivel internacional (Flórez et al 2015) y (Cifuentes,2014), ya que ambos mencionan que los parámetros de diseño geométricos de diseño son influyentes principales en la accidentabilidad de una vía, al no cumplir parámetros como radios mínimos de curvas horizontales, pendientes elevadas, falta de visibilidad, los mismos que son un peligro para el conductor.

Adicionalmente guarda relación con los autores a nivel nacional (Galan y Quispe, 2018) ya que su metodología empleada coincide en la evaluación de los parámetros geométricos existentes de la carretera Huaraz-Pinar con el manual de diseño geométrico de carreteras 2001 (DG-2001), para posteriormente determinar que de los 33 tramos en tangente que presenta dicha vía, solamente uno cumple con la longitud mínima determinada por este manual, los tramos en curva el 32% cumple con poseer radios mayores al mínimo, el parámetro que cumple en su totalidad con este manual es el peralte que varía desde 2% a 9% según DG-2001, en alineamiento vertical se determinó que el 23% de los tramos poseen pendientes no funcionales (mayores a 8%) y en cuanto a la distancia de visibilidad de parada y paso, se tiene que evaluar el empleo de banquetas de visibilidad ya que el 58% no cumple con la distancia requerida; sin embargo (Ticona y Choque, 2016) coinciden solo en la evaluación de los parámetros de diseño geométrico ya que el objetivo principal es determinar los factores de control de acuerdo con la normativa peruana, llegando a la conclusión de que no existe similitud con la norma peruana DG-2014.

A nivel local guarda coherencia con lo indicado por (Correa,K. 2017) ya que en su investigación analiza y compara los parametros actuales de la via con los establecidos en el manual de diseño geométrico de carreteras DG-2013, determinando que es una carretera de segunda clase, para la cual se determinó una velocidad de diseño de 40km/h, con la cual se detrmirió que no se cumplen con algunos parametros de diseño, específicamente tramos en tangente y radios minimos, por lo que se plantea mejorar la calidad de los dispositivos de control, para ais garantizar la seguridad vial; ademas tiene bastante relación con los autores (Huaripata. J, 2018), (Bautista. E, 2019) ya que en sus investigaciones analizan carreteras de similar configuración (de bajo volumen de tránsito) determinando asi que existen ciertos tramos y parámetros que no cumplen con

las características de diseño señaladas en el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito

La siguiente tabla muestra el resumen de los valores obtenidos como resultado del análisis comparativo de la carretera en estudio con el MDCNPBVT.

Tabla 4.6-1: Resumen de Parametros de evaluación de la carretera Lullapuquio-Chetilla

PARÁMETROS	Km 00+000 – 05+116			
	Cumple	%	No cumple	%
Radio mínimo	53	100	0	0
Longitud de curva horizontal	0	0.0	53	100.0
Longitud de transición peralte	51	96.2	2	3.8
Banquetas de visibilidad(necesita)	6	11.3	47	88.7
Sobreechancho	28	52.8	25	47.2
Peralte	51	96.2	2	3.8
Pendiente	15	41.7	21	58.3
Longitud de Curva Vertical	12	37.5	20	62.5
Ancho de bermas y calzada (plataforma)	35	63.6	20	36.4

4.7.CONTRASTACIÓN DE LA HIPOTESIS

Se demostró y comprobó a través del análisis comparativo de diseño basado en los parámetros geométricos actuales que la carretera Lullapuquio-Chetilla (KM 00+000-KM 05+116), no cumple con los parámetros de diseño de planta, perfil y sección transversal establecidos en el manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT), los mismos que de acuerdo con los resultados de análisis no cumplen en un porcentaje promedio de 44.5%.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se obtuvo como resultado general que las características de diseño geométrico de la carretera Lullapuquio- Chetilla (Km 0.00+000 a 05+116) en promedio, cumplen en 55.5%, y no cumplen en un 44.5% con los parámetros de diseño establecidos en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPVBT).
- ✓ El estudio de tráfico en la carretera Lullapuquio – Chetilla (Km 00+000 – Km 05+116), realizado durante los 7 días de la semana, permitió obtener un IMD de 15veh/día de las cuales el 28.57% corresponde a station wagon, 14.29% corresponde a microbuses, 28.57% corresponde a camionetas pick up y 28.57% a camiones ligeros; clasificándolo como una carretera de bajo volumen de tránsito tipo T1.
- ✓ El levantamiento topográfico realizado en la carretera Lullapuquio– Chetilla(Km 00+000-Km 05+116) permitió obtener los parámetros geométricos actuales de la carretera, en la cual se identificó la existencia de 53 curvas horizontales y 32 curvas verticales, de las cuales se realizó su posterior comparación de las mismas con sus respectivos elementos con el MDCNPVBT.
- ✓ Los parámetros geométricos de la carretera Lullapuquio – Chetilla(Km 00+000-Km 05+116), comparados con el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, se obtuvo: el radio mínimo a usar es 10 m, el cual se cumple en el 100% de las curvas horizontales, las longitudes de curva en su totalidad son menores a la mínima, es decir, que el 100% no cumple con la longitud mínima establecida, el sobreebanco cumple en un 47.2% y no cumple en un 52.8%, de las 53 curvas horizontales que contiene todo el alineamiento, solo 6 presentan obstrucción de visibilidad por el caso de taludes de corte, en las cuales se necesitan banquetas de visibilidad, la pendiente usada es 10% y del análisis se determinó que sólo el 41.7% cumple y el 58.3% no cumple, el ancho de plataforma es de 4.5 m, de acuerdo al MDCNPVBT, de este parámetro solo se cumple el 63.6% a lo largo de toda la carretera.
- ✓ La mejora de las condiciones de la carretera Lullapuquio – Chetilla (Km 00+000-Km 05+116) en base a la propuesta de diseño planteada y en cumplimiento con lo establecido en el Manual de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito consiste en la ampliación de los radios de curvatura, disminución de pendientes, consideración de plazoletas de cruce, acorde con los planos de diseño propuestos.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Debido a que en la presente investigación se realizó un análisis comparativo en relación con el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MDCNPVBT) con la finalidad de cuantificar que parámetros no cumplen con lo estipulado por dicha norma, siendo esto una parte del diagnóstico de la problemática de caminos vecinales, por lo que se recomienda realizar un estudio con la metodología de inspección de seguridad vial y el manual (Highway Safety Manual), que implica la recolección y procesamiento de accidentes suscitados en el tramo estudiado durante un periodo de cinco años, y así tener un mejor panorama de los puntos críticos de dicho camino vecinal.
- ✓ Se recomienda realizar un estudio de transitabilidad, con la finalidad de determinar y cuantificar los daños y sus principales causas en dicha carretera, siendo estos la otra parte de la problemática de los caminos vecinales.
- ✓ Se debe realizar la evaluación técnico-económica de la propuesta planteada para mejorar las condiciones de la carretera Lullapuquio – Chetilla(Km 00+000-Km 05+116) y así poder determinar la viabilidad de la misma.
- ✓ Se sugiere hacer llegar la presente investigación a los gobiernos locales para que puedan analizar y ejecutar posibles mejoras en esta u otras carreteras de igual características.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albino, Y., & Cisneros, G. (2017). *Diagnóstico de la transitabilidad vial y propuesta del diseño estructural del pavimento en las calles 5 y 9 del Centro Poblado Alto Trujillo-Trujillo- La Libertad*. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo: UPAO. Obtenido de http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3558/1/RE_ING.CIVIL_YOSHIRO_ALBINO_GERSON.CISNEROS_TRANSITABILIDAD.VIAL_DATOS.PDF
- Cárdenas, J. (2015). *Diseño geométrico de carreteras*. ECOE Ediciones. Obtenido de <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/Dise%C3%B1o-geométrico-de-carretera.pdf>
- Céspedes, J. (2001). *Carreteras Diseño Moderno*. UNC. Cajamarca: Editorial Universitaria.
- Cifuentes, 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*. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá: ECI.
- Condori, Y. (2019). *Diseño geométrico de trochas carrozables según Norma DG-2014: Análisis de casos*. Lima: UPECEN.
- Correa, K. (2017). *Evaluación de las características geométricas de la Carretera Cajamarca-Gavilán (KM 173- KM 158) de acuerdo con las Normas de diseño geométrico de carretera DG-2013*. Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca: UNC. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1001/INFORME%20DE%20TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Crespo, E. (2004). *Vías de comunicación*. México: Editorial Limusa.
- Flórez, C., Reyes, F., Giraldo, L., Bernal, O., & Quintana, L. (2015). Incidencia de las características geométricas y de tránsito de vías en Alta Montaña y de bajas especificaciones geométricas sobre la accidentalidad. *CASO PLAN 2500: DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO*, 19.
- Galan, F., & Quispe, E. (2018). *Evaluación de las características geométricas de la carretera Huaraz- Pinar, aplicando las normas del MTC, en Independencia, Huaraz, Ancash, 2018*. Universidad César Vallejo. Lima: UCV.
- Huaripata, J. (2018). *Evaluación del diseño geométrico de la carretera no pavimentada de bajo volumen de tránsito tramo C.P. El Tambo - C.P. Laguna Santa Úrsula con respecto al*

- Manual de Diseño de Carreteras de bajo volumen de tránsito- MTC*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Cajamarca: UNC. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1984/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MTC, M. d. (2015). *Pavimentación en el Perú*. Oficina General de Planeamiento y Presupuesto- GTT. Lima: MTC.
- Quiñones, K. (2017). *Diagnóstico y diseño vial del pavimento flexible: Avenida Alfonso Ugarte (Tramo: Carretera Central- Avenida Ferrocarril), en el distrito de Hualhuas, provincia de Huancayo, 2016*. Universidad Peruana Los Andes. Huancayo: UPLA. Obtenido de <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/265/KORI%20QUIN%cc%83ONES%20PAUCAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Reyes, N. (2018). *Propuesta de diseño geométrico en carreteras de camino vecinal utilizando software AutoCAD Civil 3D*. Universidad Nacional "Hermilio Valdizán". Huánuco: UNHEVAL.
- Rosales, J. (2003). *Diseño de la carretera Condebamba- Tanta Km. 0+00 - Km. 07+76*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Lima: UNI.
- Sánchez, J. (2018). *Diseño definitivo de la carretera La Primavera- Simón Bolívar, distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, región San Martín*. Universidad Señor de Sipán, Lambayeque. Pimentel: USS. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4573/S%C3%A1nchez%20Caro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Solis, L. (2018). *Evaluación del diseño geométrico de la Carretera Carhuaz- Chacas, tramo KM 0+000 al KM 9+500, aplicando el Manual de Diseño Geométrico DG-2014, año 2017*. Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo. Huaraz: UNSAM.
- Suárez, C., & Vera, A. (2015). *Estudio y diseño de la vía El Salado- Manantial de Guangala del Cantón Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. La Libertad: UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2273/1/UPSE-TIC-2015-010.pdf>
- Ticona, E., & Choque, P. (2016). *Evaluación del diseño geométrico del camino de carga pesada (Heavy Haul Road) proyecto minero Las Bambas- Paquete 03*. Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Puno: UNA. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3290/Ticona_Condori_Elvis_Derwin_Choque_Mamani_Percy_Anibal.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valero, L., & Malagón, L. (2018). *Diagnóstico para el mejoramiento del tramo de la vía Úmbita- Juncal localizado en el departamenot de Boyacá, Colombia*. Universidad Católica de Colombia. Bogotá: UCC.

Villa, J. (2018). *Diseño de carreteras utilizando AutoCAD Civil 3D*.

ANEXOS

ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N°01: Medición de ancho de calzada al inicio de la vía.



Fotografía N°02: Toma de puntos en la intersección de la vía.



Fotografía N°03: Toma de puntos en el eje de la vía en estudio.



Fotografía N°04: Medición de pendiente con estación total.



Fotografía N°05: Medición del ancho de plataforma en curva (determinación de peralte)



Fotografía N°06: Toma de puntos en la cuneta.



Fotografía N°07: Medición de ancho de calzada en curva, determinación de sobre ancho.



Fotografía N°08: Toma de puntos topográficos en el pie del talud de corte.



Fotografía N°09: Toma de puntos en eje y cálculo de pendiente con estación total.



Fotografía N°10: Medición de ancho de plataforma.



Fotografía N°11: Levantamiento topográfico de faja de la vía.



Fotografía N°12: Medición de inclinación del talud.



Fotografía N°13: Zona de estudio (carretera en evaluación).



Fotografía N°14: Levantamiento topográfico en faja de rodadura.



Fotografía N°15: Se evidencia zona de pendiente muy elevada.



Fotografía N°16: Zona de ancho de vía menor al mínimo requerido.



Fotografía N°17: Curva con visibilidad ineficiente.



Fotografía N°18: Toma de puntos en el pie del terraplén.

ANEXO 02: FORMATOS DE CONTEO VEHICULAR

ANEXO 03: CÁLCULO DE ELASTICIDAD DEL TRÁFICO

ELASTICIDAD DEL TRÁFICO

TIPO DE VEHÍCULO	ELASTICIDADES
AUTOS	1.2
CAMIONETAS	1.2
MICROS	1.2
BUSES	1.4
CAMIONES	0.8

Fuente: Contrato de servicio de consultoría 051-2008-MTC/20, (2009).

Tasas de crecimiento del PBI y de la población por departamentos del Perú			
Departamento	Tasa de crecimiento del PBI	Tasa de crecimiento de la población	Tasa de crecimiento Del Per-Cápita
Ucayali	1.28%	4.85%	-3.57%
Madre de Dios	2.39%	5.46%	-3.07%
Tacna	1.19%	3.94%	-2.75%
Ancash	-0.56%	1.33%	-1.88%
Ica	0.57%	2.28%	-1.71%
Piura	0.79%	2.28%	-1.49%
Lima	1.95%	3.09%	-1.14%
San Martín	3.47%	4.30%	-0.82%
Tumbes	2.92%	3.39%	-0.47%
Huánuco	2.06%	2.29%	-0.23%
La Libertad	2.13%	2.26%	-0.13%
Amazonas	2.68%	2.78%	-0.10%
Apurímac	0.96%	1.01%	-0.05%
Puno	1.57%	1.55%	0.01%
Lambayeque	2.94%	2.87%	0.07%
Junín	2.15%	1.94%	0.21%
Arequipa	2.95%	2.63%	0.32%
Ayacucho	0.79%	36.50%	0.43%
Cusco	2.63%	1.71%	0.91%
Pasco	2.21%	1.23%	0.97%
Cajamarca	2.79%	1.64%	1.15%
Loreto	4.23%	2.93%	1.30%
Huancavelica	2.06%	0.73%	1.33%
Moquegua	5.86%	2.75%	3.21%

Fuente: INEI-compendios departamentales-2018

a. Autos

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ai} = R_{pi} \times E_{1i}$$

Donde:

R_{ai} = Tasa de generación de viajes en autos.

R_{pi} = Tasa de crecimiento de la población.

E_{1i} = Elasticidad del tráfico en autos.

$$R_{ai} = 1.64 \times 1.2 = 1.97\%$$

b. Camionetas

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ki} = R_{pbl/h} \times E_{2i}$$

Donde:

R_{ki} = Tasa de generación de viajes en camionetas.

$R_{pbl/h}$ = Tasa de crecimiento de la población por habitante.

E_{2i} = Elasticidad del tráfico en camionetas.

$$R_{ki} = 1.64 \times 1.2 = 1.97\%$$

c. Micros

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{mi} = R_{pi} \times E_{3i}$$

Donde:

R_{mi} = Tasa de generación de viajes en micros.

R_{pi} = Tasa de crecimiento de la población.

E_{3i} = Elasticidad del tráfico en micros.

$$R_{mi} = 1.64 \times 1.2 = 1.97\%$$

d. Ómnibus

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{oi} = R_{pi} \times E_{4i}$$

Donde:

R_{oi} = Tasa de generación de viajes en ómnibus.

R_{pi} = Tasa de crecimiento de la población.

E_{4i} = Elasticidad del tráfico en ómnibus.

$$R_{oi} = 1.64 \times 1.4 = 2.3\%$$

e. Camiones

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ci} = R_{pbi} \times E_{5i}$$

Donde:

R_{ci} = Tasa de generación de viajes en camiones de la zona i.

R_{pbi} = Tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno de la zona i.

E_{4i} = Elasticidad del tráfico en camiones.

$$R_{ci} = 2.79 \times 0.8 = 2.23\%$$

Fuente: Contrato de servicio de consultoría 051-2008-MTC/20, (2009).

CAJAMARCA	G. V
Autos	1.97
Camionetas	1.97
Micros	1.97
Camiones	2.23

ANEXO 04: PLANOS DE CARRETERA EXISTENTE

ANEXO 05: PLANOS DE LA PROPUESTA DE DISEÑO

ANEXOS

ANEXO 01: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N°01: Medición de ancho de calzada al inicio de la vía.



Fotografía N°02: Toma de puntos en la intersección de la vía.



Fotografía N°03: Toma de puntos en el eje de la vía en estudio.



Fotografía N°04: Medición de pendiente con estación total.



Fotografía N°05: Medición del ancho de plataforma en curva (determinación de peralte)



Fotografía N°06: Toma de puntos en la cuneta.



Fotografía N°07: Medición de ancho de calzada en curva, determinación de sobre ancho.



Fotografía N°08: Toma de puntos topográficos en el pie del talud de corte.



Fotografía N°09: Toma de puntos en eje y cálculo de pendiente con estación total.



Fotografía N°10: Medición de ancho de plataforma.



Fotografía N°11: Levantamiento topográfico de faja de la vía.



Fotografía N°12: Medición de inclinación del talud.



Fotografía N°13: Zona de estudio (carretera en evaluación).



Fotografía N°14: Levantamiento topográfico en faja de rodadura.



Fotografía N°15: Se evidencia zona de pendiente muy elevada.



Fotografía N°16: Zona de ancho de vía menor al mínimo requerido.



Fotografía N°17: Curva con visibilidad ineficiente.



Fotografía N°18: Toma de puntos en el pie del terraplén.

ANEXO 02: FORMATOS DE CONTEO VEHICULAR

ANEXO 03: CÁLCULO DE ELASTICIDAD DEL TRÁFICO

ELASTICIDAD DEL TRÁFICO

TIPO DE VEHÍCULO	ELASTICIDADES
AUTOS	1.2
CAMIONETAS	1.2
MICROS	1.2
BUSES	1.4
CAMIONES	0.8

Fuente: Contrato de servicio de consultoría 051-2008-MTC/20, (2009).

Tasas de crecimiento del PBI y de la población por departamentos del Perú			
Departamento	Tasa de crecimiento del PBI	Tasa de crecimiento de la población	Tasa de crecimiento Del Per-Cápita
Ucayali	1.28%	4.85%	-3.57%
Madre de Dios	2.39%	5.46%	-3.07%
Tacna	1.19%	3.94%	-2.75%
Ancash	-0.56%	1.33%	-1.88%
Ica	0.57%	2.28%	-1.71%
Piura	0.79%	2.28%	-1.49%
Lima	1.95%	3.09%	-1.14%
San Martín	3.47%	4.30%	-0.82%
Tumbes	2.92%	3.39%	-0.47%
Huánuco	2.06%	2.29%	-0.23%
La Libertad	2.13%	2.26%	-0.13%
Amazonas	2.68%	2.78%	-0.10%
Apurímac	0.96%	1.01%	-0.05%
Puno	1.57%	1.55%	0.01%
Lambayeque	2.94%	2.87%	0.07%
Junín	2.15%	1.94%	0.21%
Arequipa	2.95%	2.63%	0.32%
Ayacucho	0.79%	36.50%	0.43%
Cusco	2.63%	1.71%	0.91%
Pasco	2.21%	1.23%	0.97%
Cajamarca	2.79%	1.64%	1.15%
Loreto	4.23%	2.93%	1.30%
Huancavelica	2.06%	0.73%	1.33%
Moquegua	5.86%	2.75%	3.21%

Fuente: INEI-compendios departamentales-2018

a. Autos

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ai} = R_{pi} \times E_{1i}$$

Donde:

R_{ai} = Tasa de generación de viajes en autos.

R_{pi} = Tasa de crecimiento de la población.

E_{1i} = Elasticidad del tráfico en autos.

$$R_{ai} = 1.64 \times 1.2 = 1.97\%$$

b. Camionetas

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ki} = R_{pbl/h} \times E_{2i}$$

Donde:

R_{ki} = Tasa de generación de viajes en camionetas.

$R_{pbl/h}$ = Tasa de crecimiento de la población por habitante.

E_{2i} = Elasticidad del tráfico en camionetas.

$$R_{ki} = 1.64 \times 1.2 = 1.97\%$$

c. Micros

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{mi} = R_{pi} \times E_{3i}$$

Donde:

R_{mi} = Tasa de generación de viajes en micros.

R_{pi} = Tasa de crecimiento de la población.

E_{3i} = Elasticidad del tráfico en micros.

$$R_{mi} = 1.64 \times 1.2 = 1.97\%$$

d. Ómnibus

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{oi} = R_{pi} \times E_{4i}$$

Donde:

R_{oi} = Tasa de generación de viajes en ómnibus.

R_{pi} = Tasa de crecimiento de la población.

E_{4i} = Elasticidad del tráfico en ómnibus.

$$R_{oi} = 1.64 \times 1.4 = 2.3\%$$

e. Camiones

Las tasas de generación de viajes, por zonas de tráfico, se estimaron con la relación:

$$R_{ci} = R_{pbi} \times E_{5i}$$

Donde:

R_{ci} = Tasa de generación de viajes en camiones de la zona i.

R_{pbi} = Tasa de crecimiento del Producto Bruto Interno de la zona i.

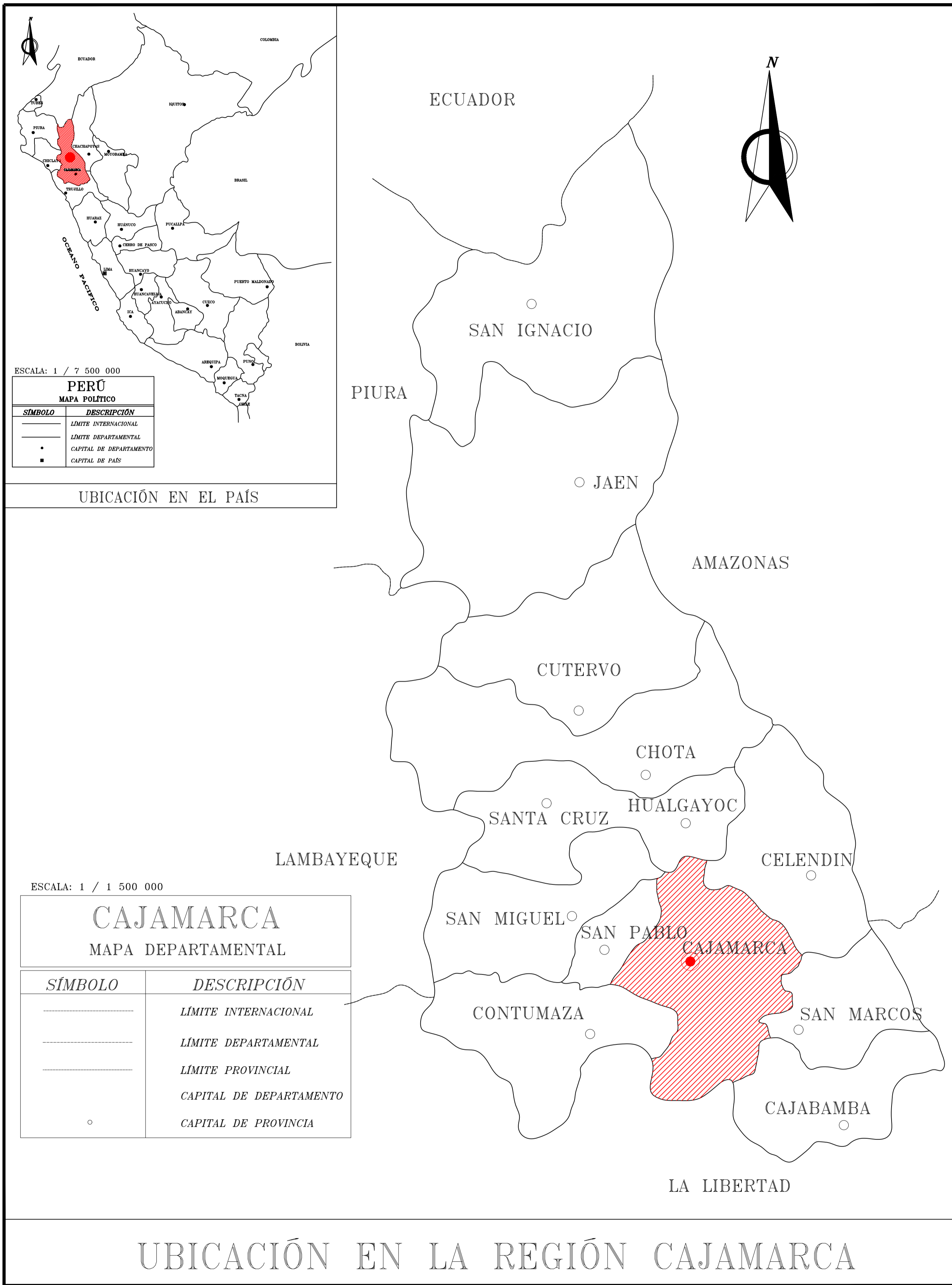
E_{4i} = Elasticidad del tráfico en camiones.

$$R_{ci} = 2.79 \times 0.8 = 2.23\%$$

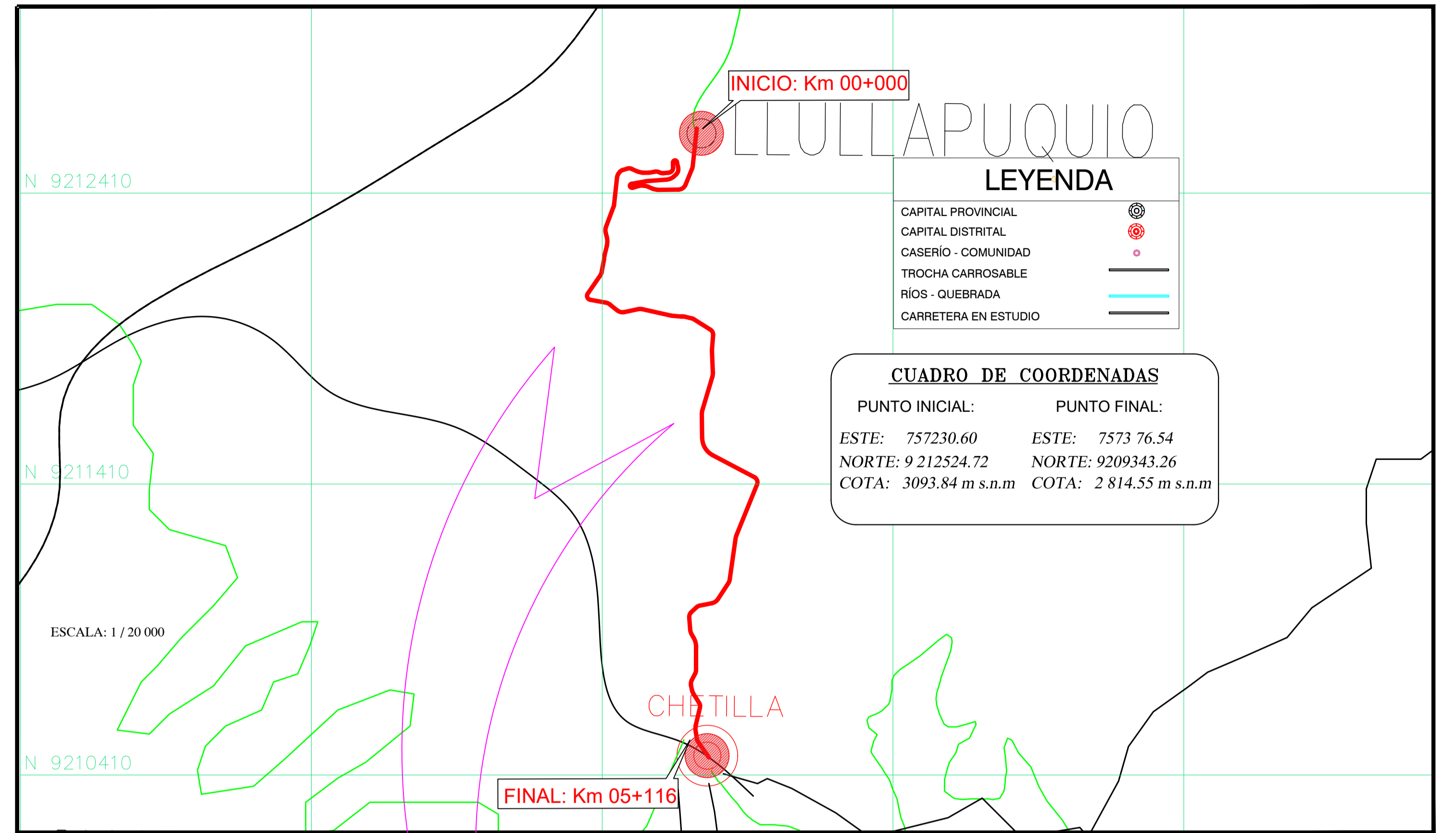
Fuente: Contrato de servicio de consultoría 051-2008-MTC/20, (2009).

CAJAMARCA	G. V
Autos	1.97
Camionetas	1.97
Micros	1.97
Camiones	2.23

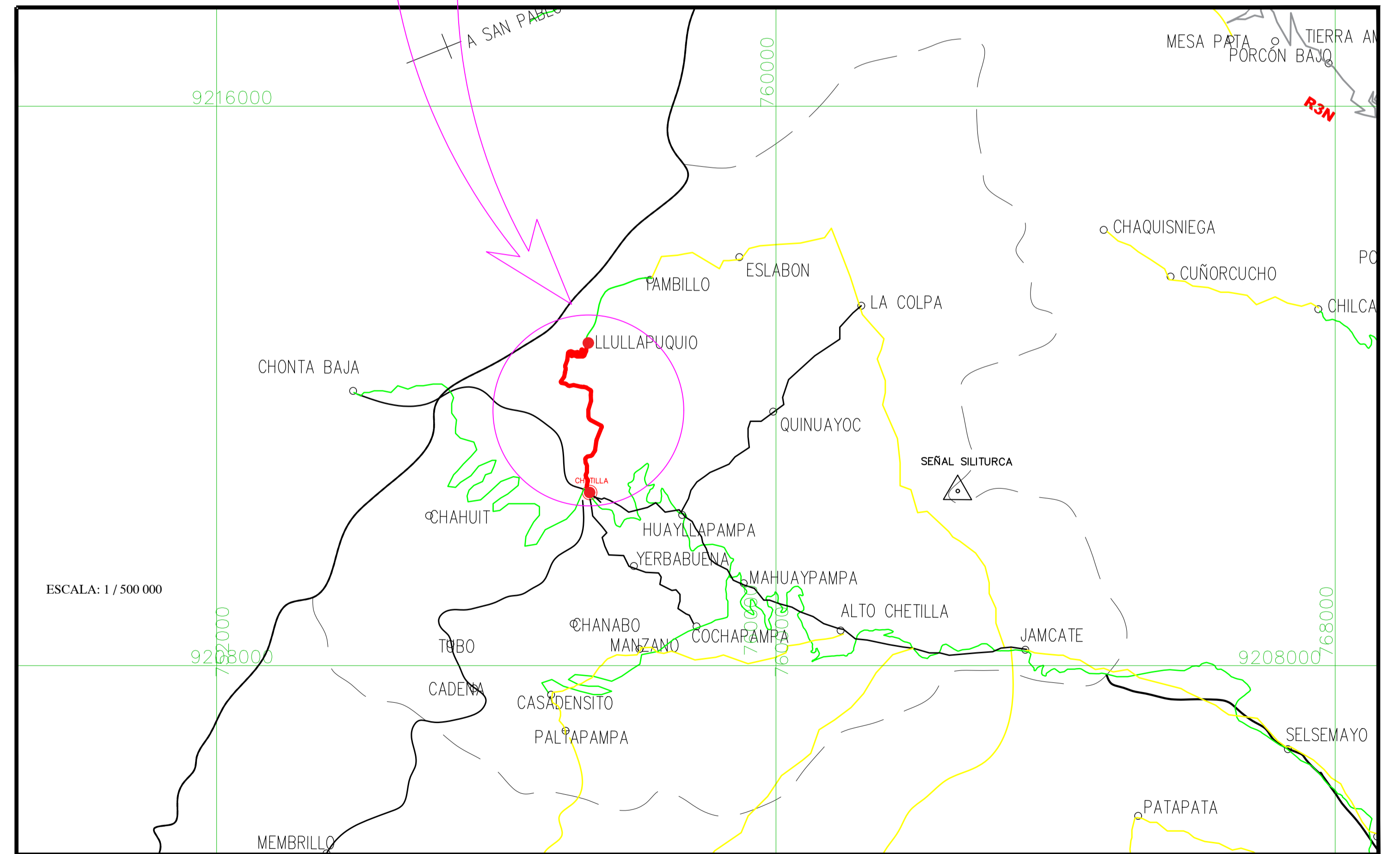
ANEXO 04: PLANOS DE CARRETERA EXISTENTE



(Fuente: <https://bibliocad.com>)



(Fuente: Elaboración propia)



(Fuente: <https://bibliocad.com>)



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



TESISTA:
BACH. ING. HENRY A. BURGOS JULCA

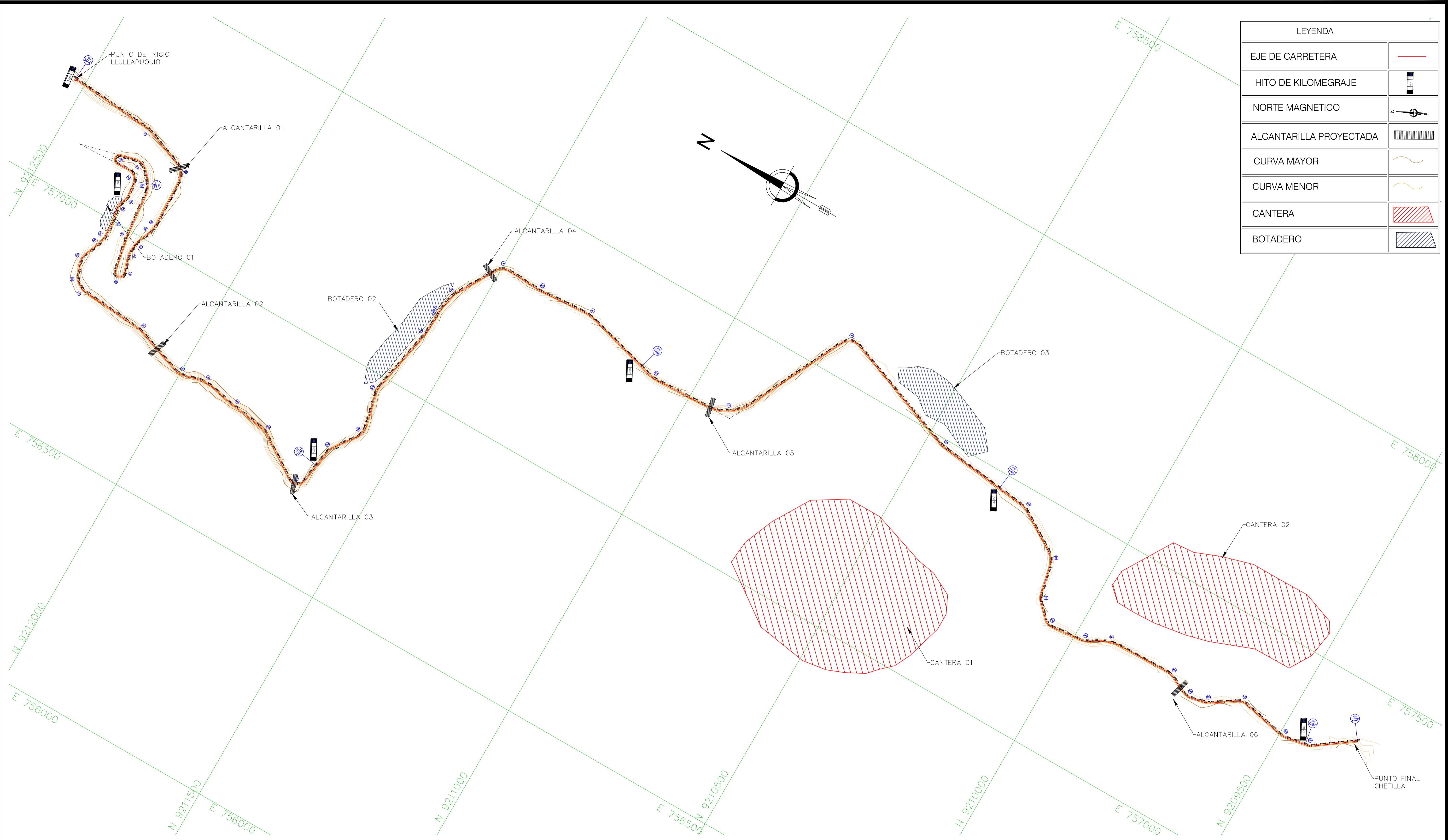
ASESOR:
ING. EVER RODRIGUEZ GUEVARA

REVISIONES	
N°	FECHA

PROYECTO:
"EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ACTUALES Y PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA
CARRETERA LLULLAPUQUIO - CHETILLA, DISTRITO DE CHETILLA, CAJAMARCA 2019"

PLANO:
PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION
UBICACION:
Km 00+000 - Km 05+116

ESCALA: INDICADA
FECHA: MAR-2021
PLANO N°:
REV. A
UL - 001

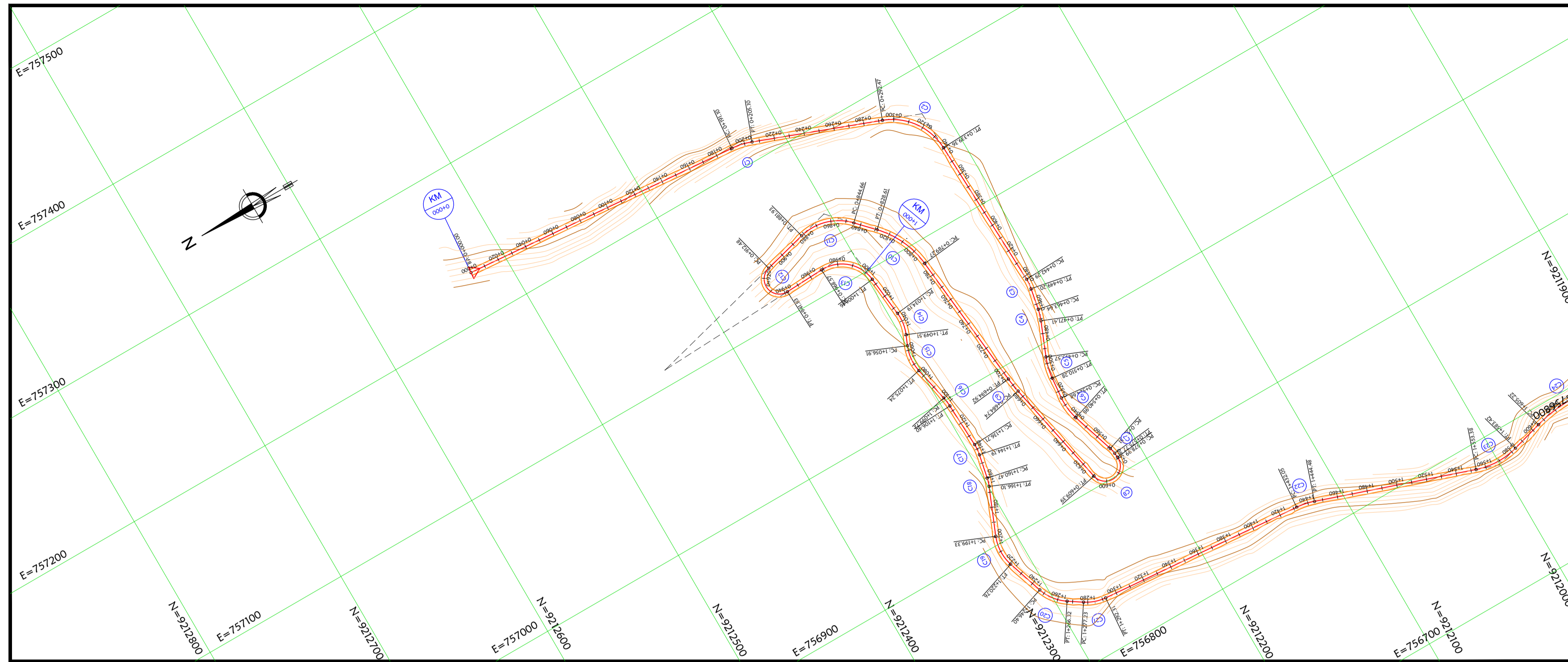


PLANO CLAVE-PLANTA (KM 00+000.00 - KM 01+000.00)
 ESCALA: 1 : 4000

ESCALA=1:4,000



REVISIONES		
Nº	FECHA	DESCRIPCION

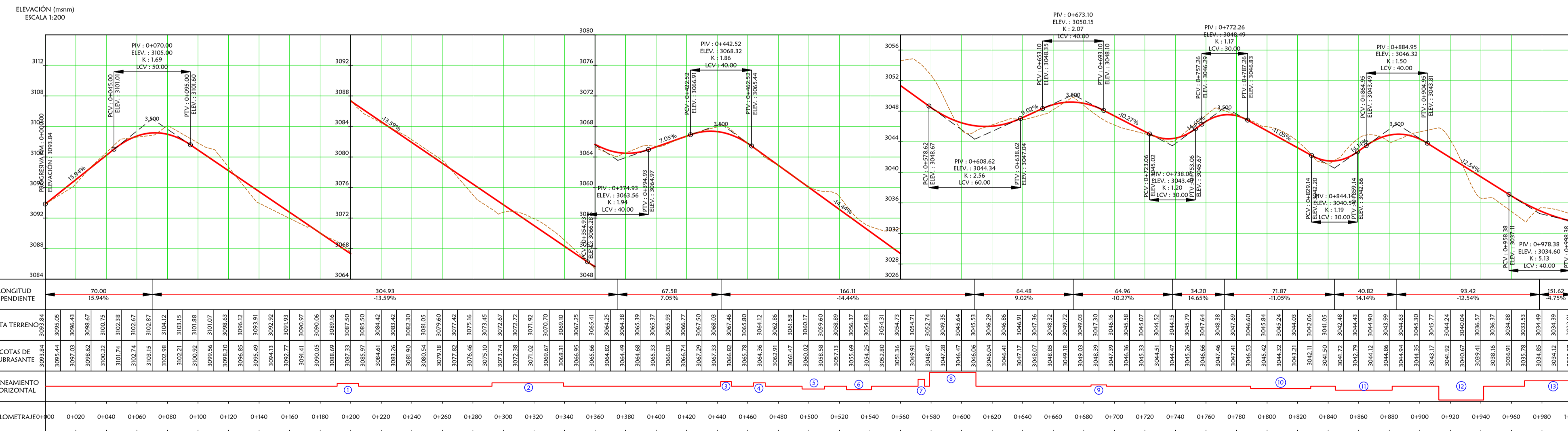


PLANTA (KM 00+000.00 - KM 01+000.00)

ESCALA: 1 : 2000

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA									
N° CURVA	SENTIDO	DELTA	R(m)	T (m.)	Lc(m.)	E (m.)	L(m)	M(m)	Sa (m.)
C1	D	16° 02' 41"	50	7.05	13.96	0.49	14	0.49	1
C2	D	67° 09' 35"	40	26.56	44.25	8.01	46.89	6.68	1.2
C3	D	13° 12' 30"	30	3.47	6.9	0.2	6.92	0.2	1.5
C4	D	11° 08' 00"	40	3.9	7.76	0.19	7.77	0.19	1.2
C5	I	16° 51' 14"	50	7.41	14.65	0.55	14.71	0.54	1
C6	I	23° 21' 05"	40	8.27	16.19	0.85	16.3	0.83	1.2
C7	D	12° 12' 00"	20	2.14	4.25	0.11	4.26	0.11	2.1
C8	D	174° 12' 06"	10	197.46	19.97	187.71	30.4	9.49	4.2
C9	D	5° 49' 53"	100	5.09	10.17	0.13	10.18	0.13	0.6
C10	I	37° 34' 26"	60	20.41	38.65	3.38	39.35	3.2	0.9
C11	I	61° 00' 55"	35	20.62	35.54	5.62	37.27	4.85	1.3
C12	I	168° 07' 02"	10	96.09	19.89	86.61	29.34	8.96	4.2
C13	D	86° 08' 06"	25	23.37	34.14	9.22	37.58	6.74	1.7

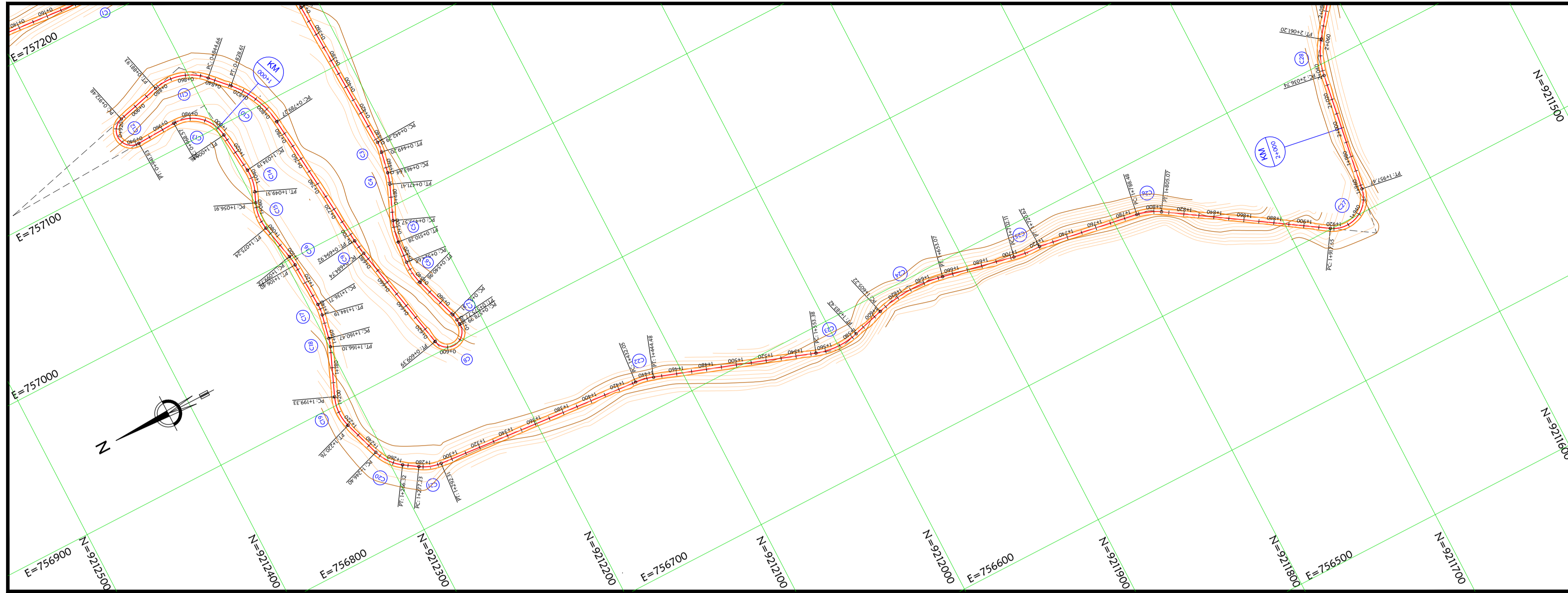
CUADRO DE COORDENADAS DE LOS ELEMENTOS DE CURVAS								
PI	PC	PT	PI (Este)	PI (Norte)	PC (Este)	PC (Norte)	PT (Este)	PT (Norte)
0+198.15	0+191.10	0+205.10	757214.47	9212327.23	757215.043	9212334.25	757211.978	9212320.64
0+319.02	0+292.47	0+339.36	757171.686	9212214.08	757181.078	9212238.92	757145.149	9212213.1
0+445.76	0+442.29	0+449.20	757038.819	9212209.15	757042.29	9212209.27	757035.41	9212209.81
0+467.53	0+463.64	0+471.41	757017.419	9212213.34	757021.245	9212212.59	757013.81	9212214.81
0+502.98	0+495.57	0+510.28	756984.584	9212226.75	756991.442	9212223.94	756977.209	9212227.44
0+532.95	0+524.68	0+540.98	756954.639	9212229.55	756962.869	9212228.78	756946.777	9212227
0+573.65	0+571.51	0+575.77	756915.711	9212216.91	756917.744	9212217.57	756913.584	9212216.7
0+776.45	0+578.99	0+609.39	756713.929	9212196.45	756910.379	9212216.37	756907.361	9212236.12
0+689.84	0+684.74	0+694.92	756986.164	9212252.28	756981.175	9212251.26	756991.232	9212252.79
0+809.68	0+789.27	0+828.61	757105.409	9212264.3	757085.101	9212262.26	757120.255	9212278.31
0+865.29	0+844.66	0+881.93	757146.929	9212303.47	757131.928	9212289.32	757141.818	9212323.45
1+008.57	0+912.48	0+941.83	757110.436	9212446.14	757134.248	9212353.05	757114.569	9212350.14
0+991.94	0+968.57	1+006.16	757116.724	9212300.07	757115.719	9212323.42	757093.499	9212297.5



ESCALA HORIZONTAL: 1 : 2000
ESCALA VERTICAL: 1 : 200



REVISIONES	
N°	FECHA

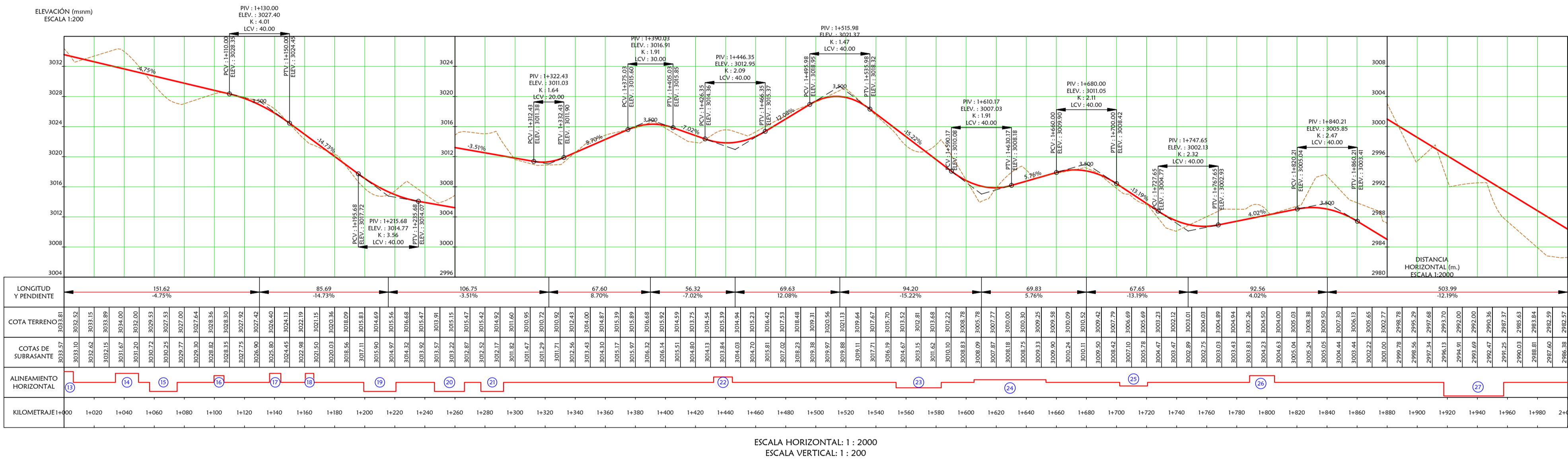


PLANTA (KM 01+000.00 - KM 02+000.00)

ESCALA: 1 : 2000

CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA									
N° CURVA	SENTIDO	DELTA	R(m)	T (m.)	Lc(m.)	E (m.)	L(m)	M(m)	Sa (m.)
C14	D	29° 16' 11"	30	7.83	15.16	1.01	15.33	0.97	1.5
C15	I	35° 01' 19"	30	9.47	18.05	1.46	18.34	1.39	1.5
C16	D	9° 34' 23"	40	3.35	6.68	0.14	6.68	0.14	1.2
C17	D	14° 17' 58"	30	3.76	7.47	0.24	7.49	0.23	1.5
C18	D	10° 45' 01"	30	2.82	5.62	0.13	5.63	0.13	1.5
C19	I	40° 55' 20"	30	11.19	20.97	2.02	21.43	1.89	1.5
C20	I	38° 03' 38"	30	10.35	19.56	1.73	19.93	1.64	1.5
C21	I	28° 48' 33"	30	7.71	14.93	0.97	15.08	0.94	1.5
C22	D	14° 14' 04"	50	6.24	12.39	0.39	12.42	0.39	1
C23	I	34° 25' 33"	50	15.49	29.59	2.34	30.04	2.24	1
C24	D	27° 25' 17"	100	24.4	47.4	2.93	47.86	2.85	0.6
C25	I	13° 46' 25"	77.01	9.3	18.47	0.56	18.51	0.56	0.7
C26	D	23° 46' 35"	40	8.42	16.48	0.88	16.6	0.86	1.2
C27	I	114° 05' 02"	20	30.85	33.56	16.76	39.82	9.12	2.1

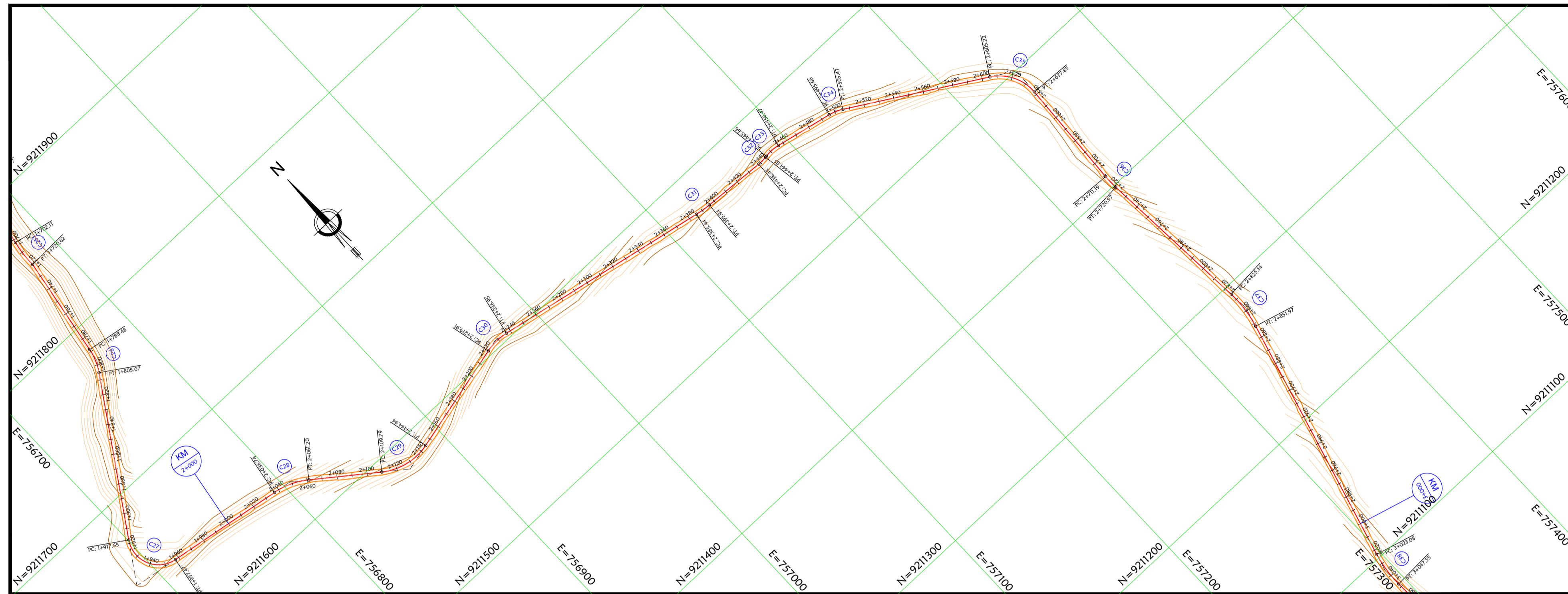
CUADRO DE COORDENADAS DE LOS ELEMENTOS DE CURVAS							
PI	PC	PT	PI (Este)	PI (Norte)	PC (Este)	PC (Norte)	PT (Norte)
1+042.02	1+034.19	1+049.51	757057.854	9212293.54	757065.64	9212294.41	757050.639
1+066.37	1+056.91	1+075.24	757035.115	9212303.17	757043.831	9212299.48	757025.859
1+103.07	1+099.72	1+106.40	756998.654	9212295.36	757001.929	9212296.06	756995.308
1+140.47	1+136.71	1+144.19	756961.269	9212293.72	756965.029	9212293.89	756957.585
1+163.29	1+160.47	1+166.10	756938.89	9212298.39	756941.653	9212297.82	756936.283
1+210.52	1+199.33	1+220.76	756895.252	9212316.51	756905.591	9212312.22	756884.63
1+256.74	1+246.40	1+266.32	756850.48	9212301.63	756860.3	9212304.89	756844.76
1+284.93	1+277.23	1+292.31	756834.475	9212277.5	756838.734	9212283.92	756833.837
1+438.30	1+432.05	1+444.48	756821.75	9212124.34	756822.267	9212130.56	756819.719
1+568.87	1+553.38	1+583.42	756779.254	9212000.8	756784.292	9212015.45	756783.378
1+629.61	1+605.22	1+653.07	756795.677	9211941.35	756789.181	9211964.87	756790.613
1+711.41	1+702.11	1+720.62	756778.505	9211860.42	756780.435	9211869.52	756778.798
1+796.90	1+788.48	1+805.07	756766.524	9211775.84	756767.879	9211784.15	756761.934
1+948.50	1+917.65	1+957.47	756683.745	9211648.55	756700.562	9211674.41	756714.216



LEYENDA:	
	CURVAS DE NIVEL Y ELEVACION EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	ALINEAMIENTO DE CARRETERA
	CUADRICULA
	CARRETERA ACTUAL
	TERRENO NATURAL
	IDENTIFICADOR DE CURVA
	IDENTIFICADOR DE CURVA

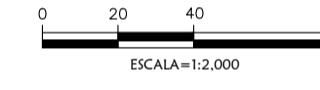


REVISIONES	
N°	FECHA



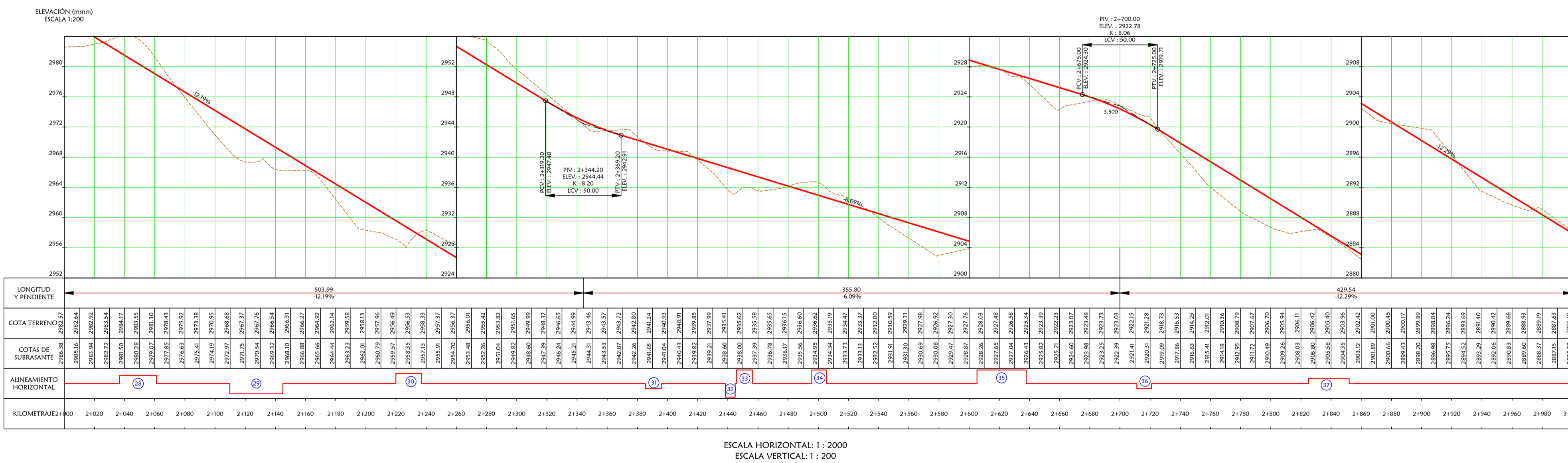
PLANTA (KM 02+000.00 - KM 03+000.00)

ESCALA: 1 : 2000



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA									
N° CURVA	SENTIDO	DELTA	R(m)	T (m.)	Lc(m.)	E (m.)	L(m)	M(m)	Sa (m.)
C28	D	28° 01' 34"	50	12.48	24.21	1.53	24.46	1.49	1
C29	I	50° 21' 24"	40	18.8	34.03	4.2	35.16	3.8	1.2
C30	D	24° 24' 50"	40	8.65	16.92	0.93	17.04	0.9	1.2
C31	I	7° 31' 08"	80	5.26	10.49	0.17	10.5	0.17	0.7
C32	I	12° 15' 20"	30	3.22	6.4	0.17	6.42	0.17	1.5
C33	D	20° 39' 19"	30	5.47	10.76	0.49	10.82	0.49	1.5
C34	D	18° 44' 24"	30	4.95	9.77	0.41	9.81	0.4	1.5
C35	D	62° 18' 53"	30	18.14	31.04	5.06	32.63	4.33	1.5
C36	I	6° 59' 56"	80	4.89	9.77	0.15	9.77	0.15	0.7
C37	D	19° 12' 36"	80	13.54	26.7	1.14	26.82	1.12	0.7

CUADRO DE COORDENADAS DE LOS ELEMENTOS DE CURVAS								
PI	PC	PT	PI (Este)	PI (Norte)	PC (Este)	PC (Norte)	PT (Este)	PT (Norte)
2+049.22	2+036.74	2+061.20	756804.849	9211629.47	756792.523	9211631.41	756814.818	9211621.96
2+128.59	2+109.79	2+144.94	756868.654	9211581.43	756853.632	9211592.74	756886.948	9211585.78
2+228.56	2+219.91	2+236.95	756968.294	9211605.12	756959.876	9211603.12	756976.788	9211603.47
2+390.69	2+385.44	2+395.94	757127.689	9211574.04	757122.529	9211575.04	757132.936	9211573.72
2+441.65	2+438.43	2+444.85	757178.563	9211570.91	757175.348	9211571.11	757181.746	9211571.4
2+451.13	2+445.66	2+456.47	757187.954	9211572.36	757182.551	9211571.52	757193.303	9211571.23
2+500.61	2+495.66	2+505.47	757236.489	9211562.11	757231.645	9211563.14	757240.747	9211559.59
2+623.36	2+605.22	2+637.85	757342.158	9211499.48	757326.555	9211508.73	757341.218	9211481.37
2+716.09	2+711.19	2+720.97	757337.162	9211403.24	757337.416	9211408.12	757337.506	9211398.36
2+838.68	2+825.14	2+851.97	757345.774	9211280.93	757344.823	9211294.43	757342.228	9211267.86

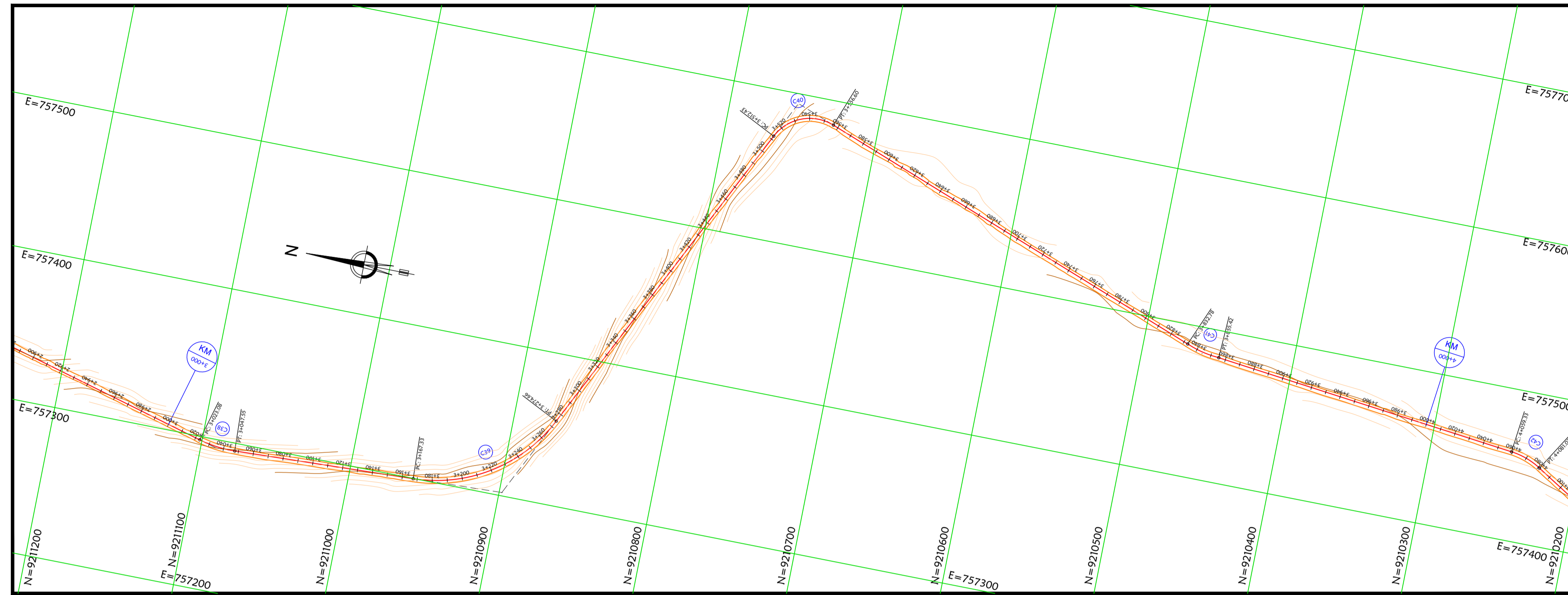


ESCALA HORIZONTAL: 1 : 2000
ESCALA VERTICAL: 1 : 200

LEYENDA:	
	CURVAS DE NIVEL Y ELEVACIÓN EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	ALINEAMIENTO DE CARRETERA
	CUADRICULA
	CARRETERA ACTUAL
	TERRENO NATURAL
	IDENTIFICADOR DE CURVA
	IDENTIFICADOR DE CURVA

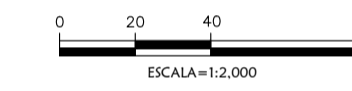


REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION



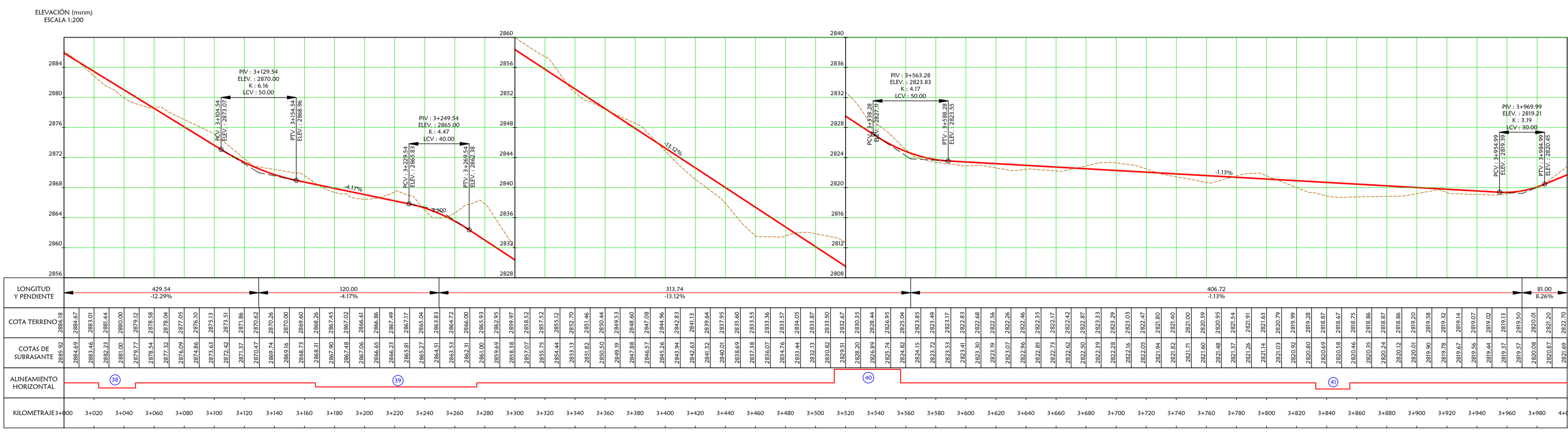
PLANTA (KM 03+000.00 - KM 04+000.00)

ESCALA: 1 : 2000



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA									
N° CURVA	SENTIDO	DELTA	R(m)	T (m.)	Lc(m.)	E (m.)	L(m)	M(m)	Sa (m.)
C38	I	17° 31' 43"	80	12.33	24.38	0.95	24.47	0.93	0.7
C39	I	61° 29' 49"	100	59.49	102.25	16.36	107.33	14.06	0.6
C40	D	84° 21' 56"	30	27.19	40.29	10.49	44.17	7.77	1.5
C41	I	19° 36' 58"	66.12	11.43	22.53	0.98	22.64	0.97	0.8

CUADRO DE COORDENADAS DE LOS ELEMENTOS DE CURVAS									
PI	PC	PT	PI (Este)	PI (Norte)	PC (Este)	PC (Norte)	PT (Este)	PT (Norte)	
3+035.41	3+023.08	3+047.55	757294.184	9211090.82	757297.415	9211102.72	757294.689	9211078.5	
3+226.82	3+167.33	3+274.66	757302.028	9210899.38	757299.592	9210958.82	757355.425	9210873.16	
3+539.61	3+512.43	3+556.60	757593.244	9210756.36	757568.842	9210768.34	757583.713	9210730.9	
3+844.21	3+832.78	3+855.42	757482.53	9210461.68	757486.891	9210472.24	757481.969	9210450.26	



ESCALA HORIZONTAL: 1 : 2000
ESCALA VERTICAL: 1 : 200

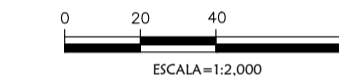
LEYENDA:	
	CURVAS DE NIVEL Y ELEVACION EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	ALINEAMIENTO DE CARRETERA
	CUADRICULA
	CARRETERA ACTUAL
	TERRENO NATURAL
	IDENTIFICADOR DE CURVA
	IDENTIFICADOR DE CURVA

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION



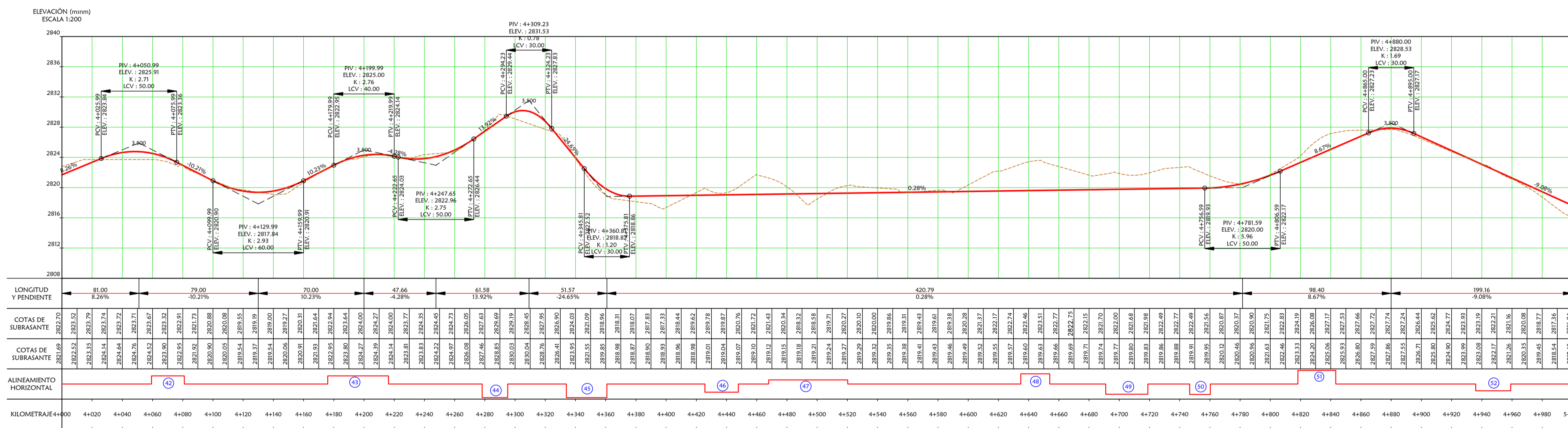
PLANTA (KM 04+000.00 - KM 05+000.00)

ESCALA: 1 : 2000



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA									
N° CURVA	SENTIDO	DELTA	R(m)	T (m.)	Lc(m.)	E (m.)	L(m)	M(m)	Sa (m.)
C42	D	24° 50' 58"	50	11.02	21.52	1.2	21.69	1.17	1
C43	D	46° 05' 14"	50	21.27	39.14	4.34	40.22	3.99	1
C44	I	32° 17' 02"	30	8.68	16.68	1.23	16.9	1.18	1.5
C45	I	51° 13' 58"	30	14.38	25.94	3.27	26.83	2.95	1.5
C46	I	25° 23' 42"	50	11.27	21.98	1.25	22.16	1.22	1
C47	D	29° 58' 33"	100	26.77	51.72	3.52	52.32	3.4	0.6
C48	D	27° 29' 41"	40	9.79	19.01	1.18	19.19	1.15	1.2
C49	I	39° 56' 26"	40	14.54	27.32	2.56	27.88	2.41	1.2
C50	I	19° 57' 21"	39.26	6.91	13.6	0.6	13.67	0.59	1.2
C51	D	47° 37' 45"	30.11	13.29	24.31	2.8	25.03	2.56	1.5
C52	I	22° 05' 11"	60	11.71	22.99	1.13	23.13	1.11	0.9

CUADRO DE COORDENADAS DE LOS ELEMENTOS DE CURVAS								
PI	PC	PT	PI (Este)	PI (Norte)	PC (Este)	PC (Norte)	PT (Este)	PT (Norte)
4+070.35	4+059.33	4+081.02	757457.131	9210236.77	757458.404	9210247.72	757451.377	9210227.38
4+197.26	4+175.99	4+216.21	757390.664	9210128.25	757401.773	9210146.39	757369.894	9210123.67
4+286.91	4+278.22	4+295.13	757300.855	9210108.46	757309.334	9210110.33	757294.684	9210102.35
4+348.36	4+333.98	4+360.81	757256.851	9210064.9	757267.073	9210075.02	757258.341	9210050.59
4+436.94	4+425.67	4+447.84	757266.225	9209974.86	757265.058	9209986.07	757272.084	9209965.24
4+494.66	4+467.89	4+520.21	757296.438	9209925.25	757282.513	9209948.12	757297.075	9209898.48
4+644.59	4+634.80	4+654.00	757300.033	9209774.14	757299.801	9209783.92	757295.723	9209765.35
4+705.57	4+691.04	4+718.92	757273.007	9209719.05	757279.409	9209732.1	757276.477	9209704.93
4+753.51	4+746.60	4+760.28	757284.71	9209671.34	757283.084	9209678.05	757288.53	9209665.59
4+831.58	4+818.29	4+843.31	757327.752	9209606.04	757320.457	9209617.15	757324.464	9209593.17
4+947.72	4+936.01	4+959.14	757303.151	9209490.96	757305.541	9209502.43	757305.246	9209479.44

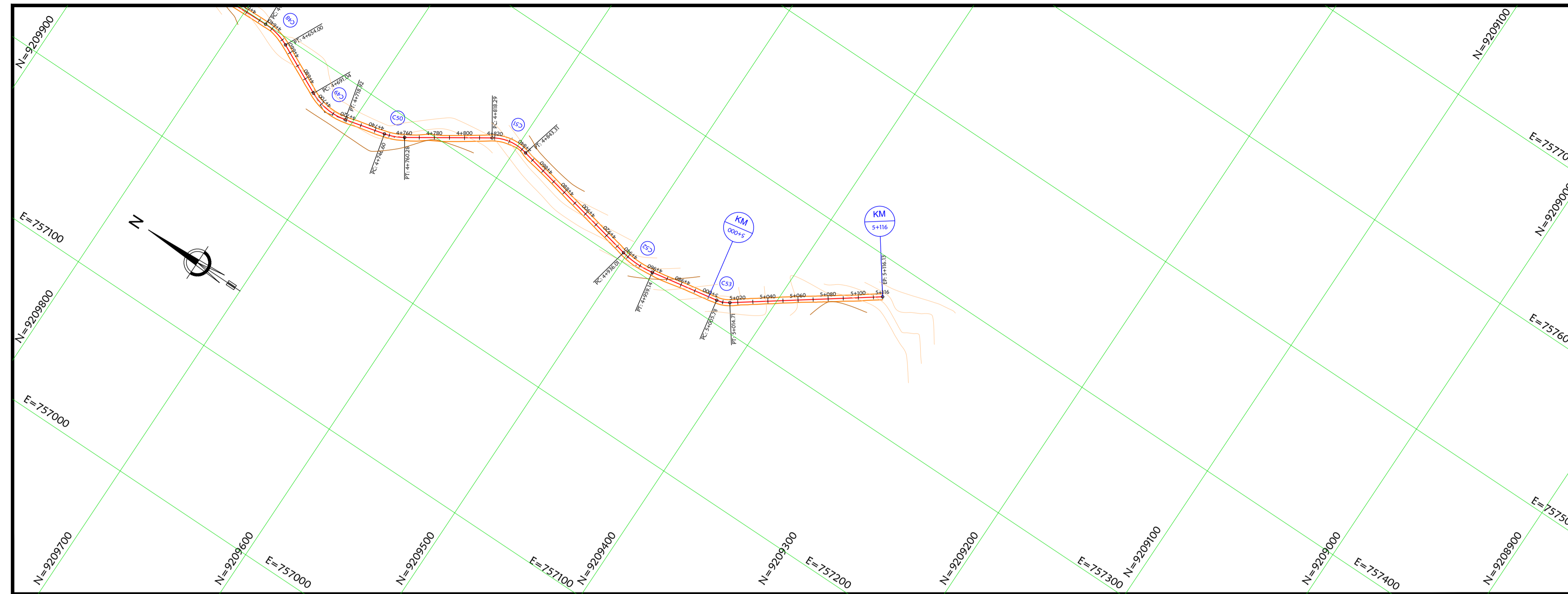


ESCALA HORIZONTAL: 1 : 2000
ESCALA VERTICAL: 1 : 200

LEYENDA:	
	CURVAS DE NIVEL Y ELEVACION EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	ALINEAMIENTO DE CARRETERA
	CUADRICULA
	CARRETERA ACTUAL
	TERRENO NATURAL
	IDENTIFICADOR DE CURVA
	IDENTIFICADOR DE CURVA

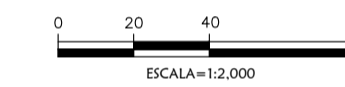


REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION



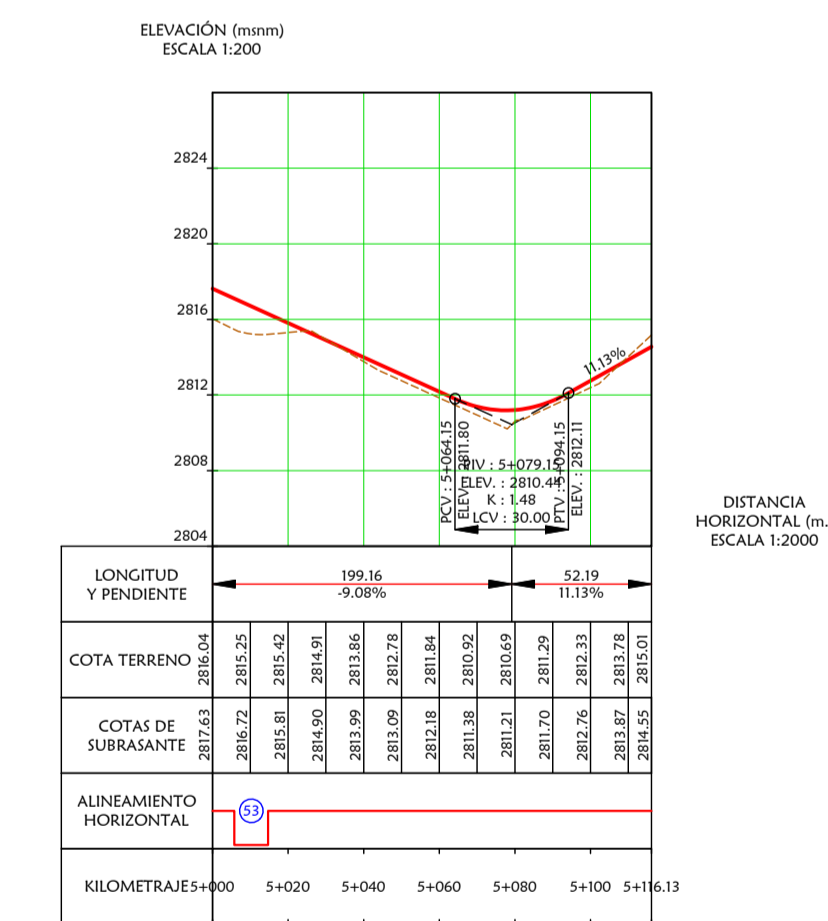
PLANTA (KM 05+000.00 - KM 05+116.00)

ESCALA: 1 : 2000



CUADRO DE ELEMENTOS DE CURVA									
N° CURVA	SENTIDO	DELTA	R(m)	T (m.)	Lc(m.)	E (m.)	L(m)	M(m)	Sa (m.)
C53	I	25° 35' 49"	20	4.54	8.86	0.51	8.93	0.5	2.1

CUADRO DE COORDENADAS DE LOS ELEMENTOS DE CURVAS								
PI	PC	PT	PI (Este)	PI (Norte)	PC (Este)	PC (Norte)	PT (Este)	PT (Norte)
5+010.32	5+005.78	5+014.71	757314.403	9209429.09	757313.59	9209433.56	757317.068	9209425.41



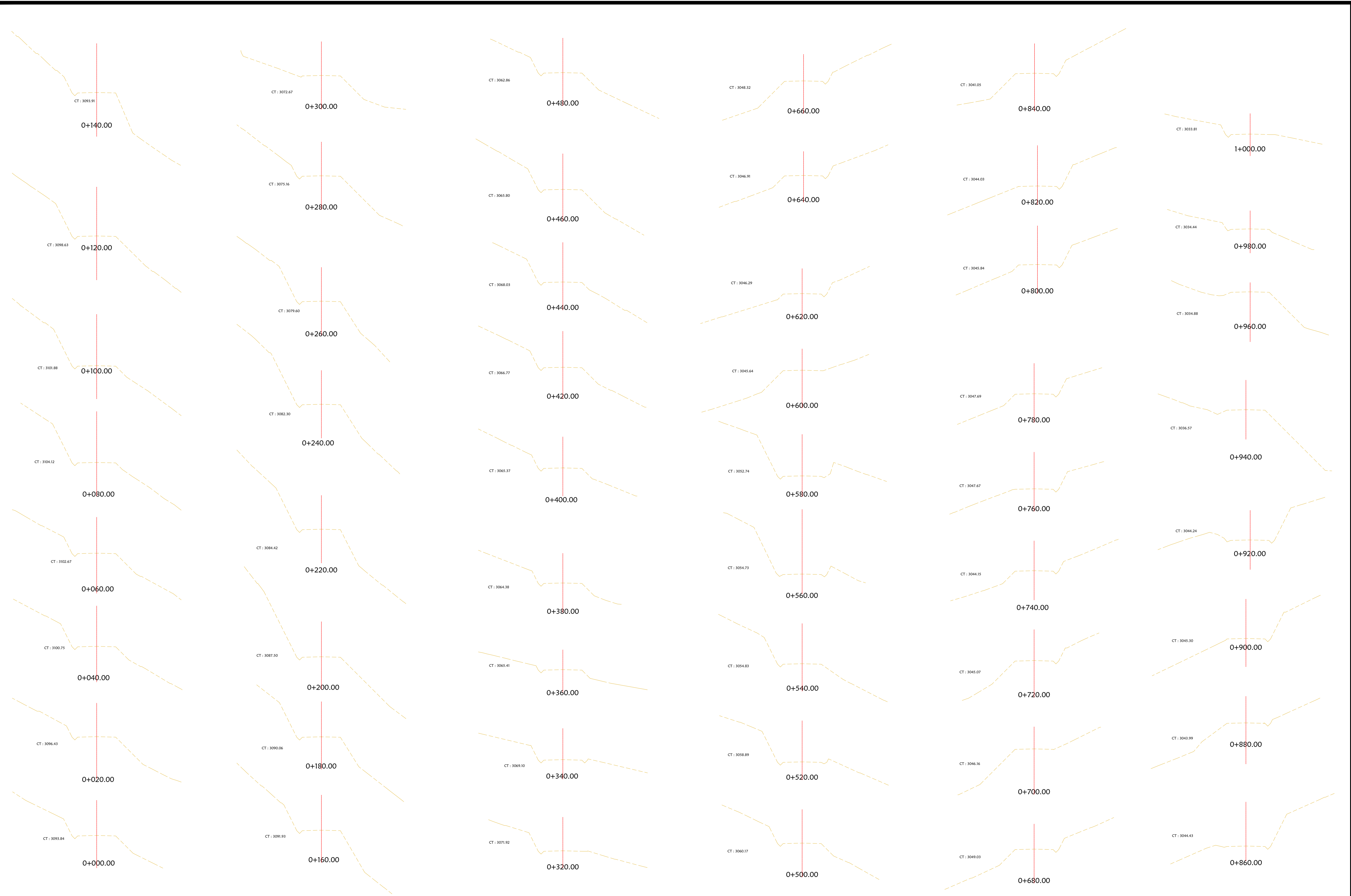
PERFIL LONGITUDINAL KM 5+000.00 - KM 5+116.13

ESCALA HORIZONTAL: 1 : 2000
ESCALA VERTICAL: 1 : 200

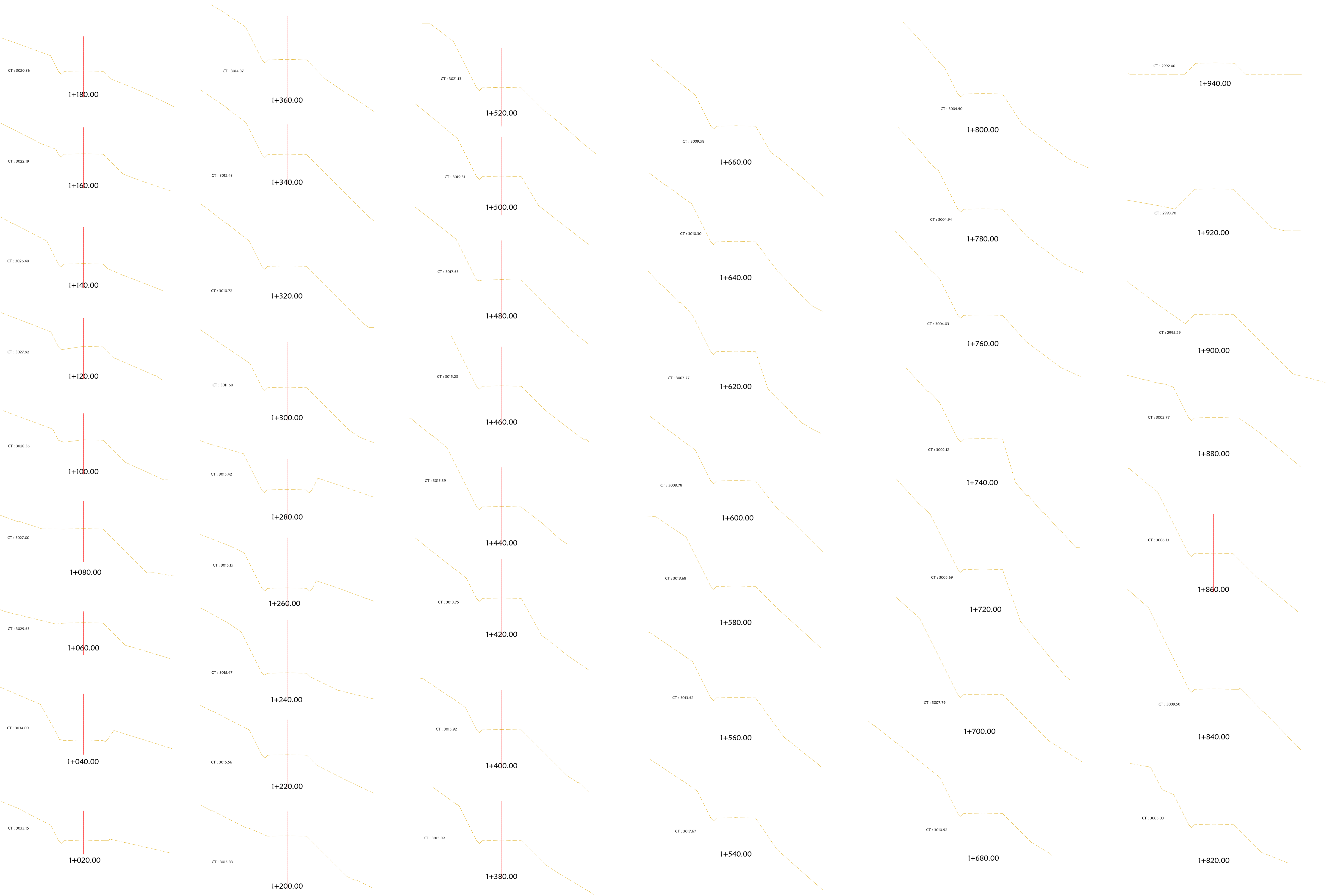
LEYENDA:	
	CURVAS DE NIVEL Y ELEVACION EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
	ALINEAMIENTO DE CARRETERA
	CUADRICULA
	CARRETERA ACTUAL
	TERRENO NATURAL
	IDENTIFICADOR DE CURVA
	IDENTIFICADOR DE CURVA



REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION



REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION



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



TESISTA:
 BACH. ING. HENRY A. BURGOS JULCA

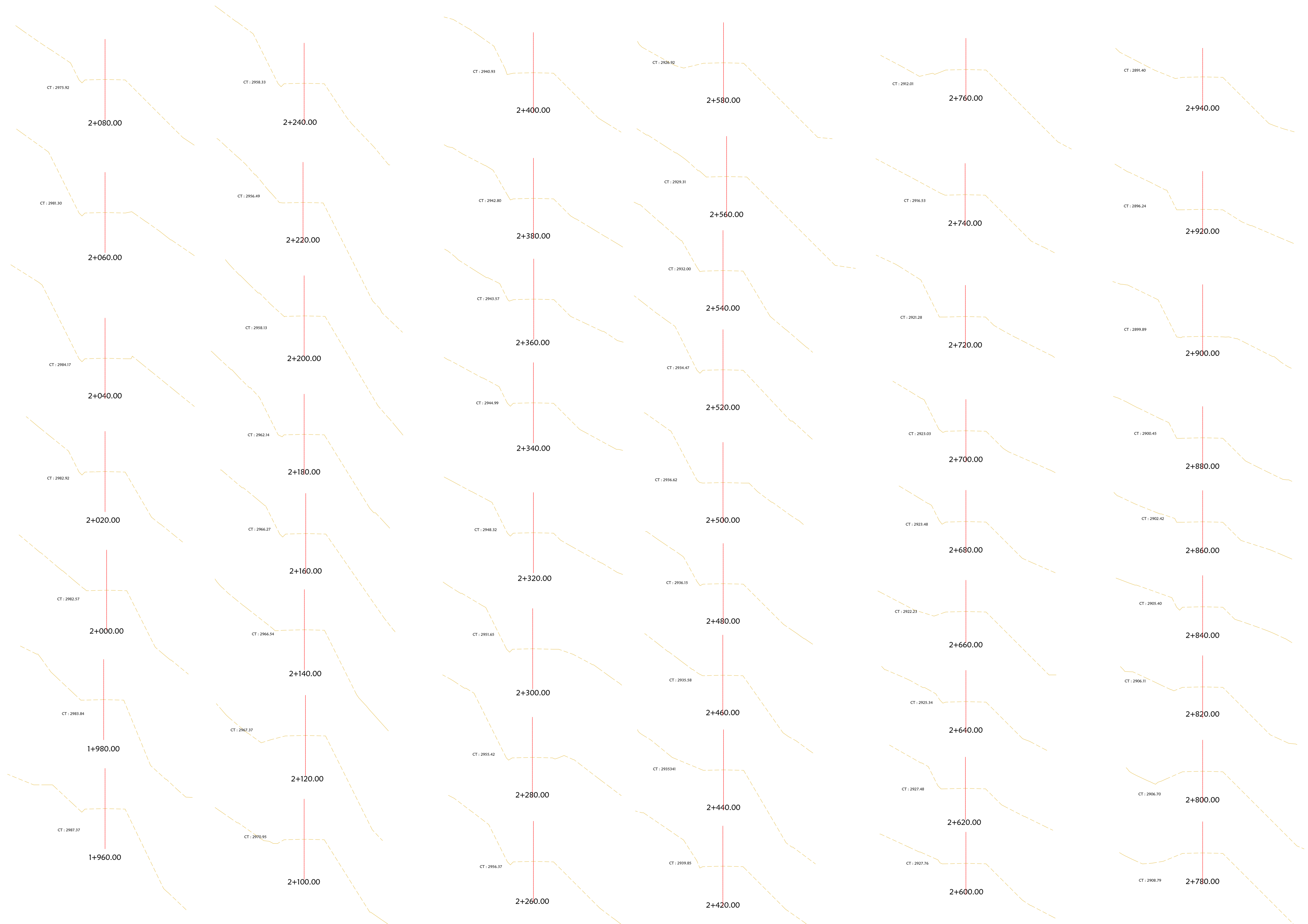
ASESOR:
 ING. EVER RODRIGUEZ GUEVARA

REVISIONES		
Nº	FECHA	DESCRIPCION

PROYECTO:
 "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ACTUALES Y PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA
 CARRETERA LLULLAPUQUIO - CHETILLA, DISTRITO DE CHETILLA, CAJAMARCA 2019"

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES
 UBICACION: **Km 01+020 - Km 01+940**

ESCALA: 1/200
FECHA: MAR-2021
 PLANO N°: ST - 002
 REV. A



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



TESISTA:
 BACH. ING. HENRY A. BURGOS JULCA

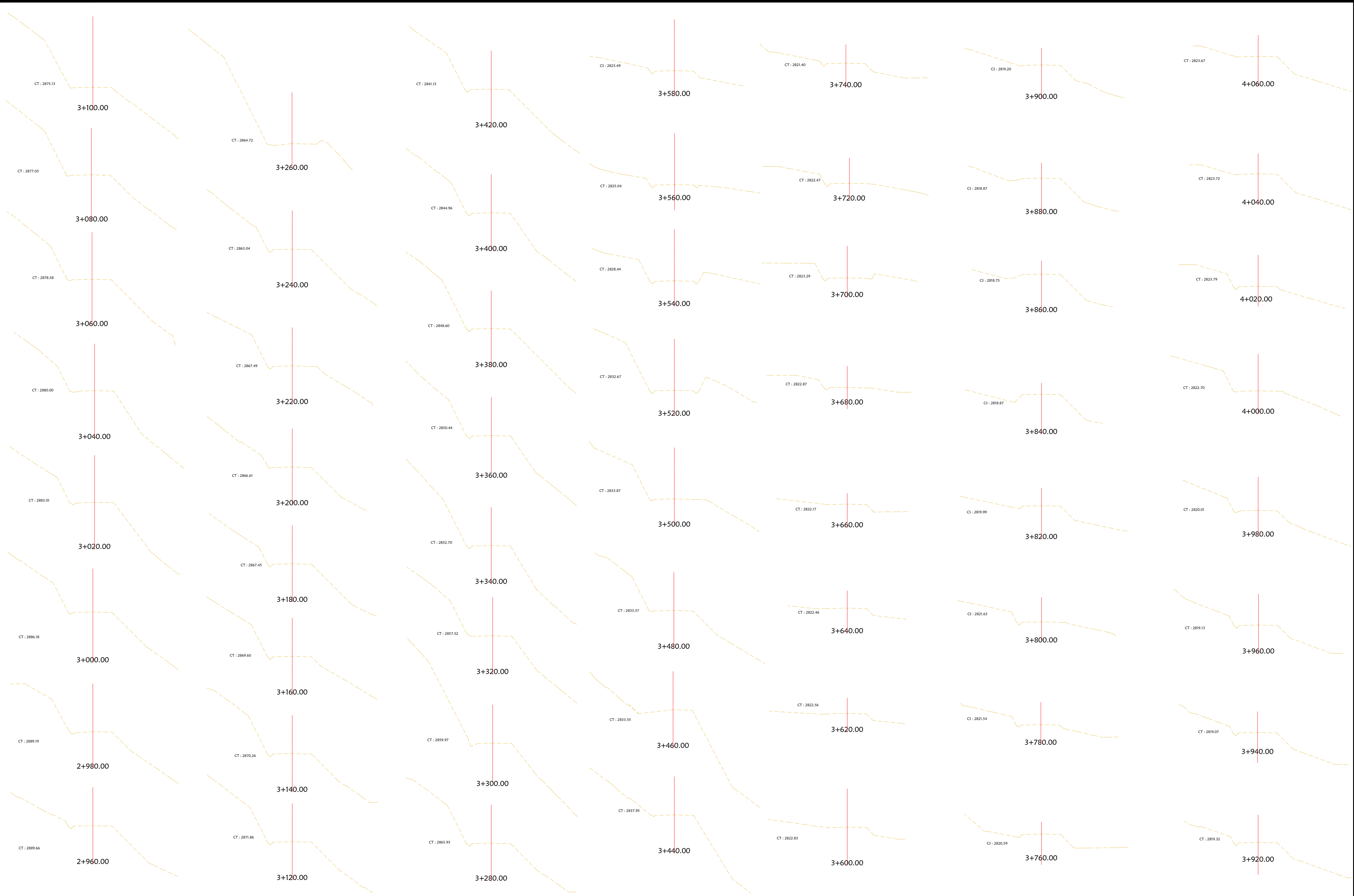
ASESOR:
 ING. EVER RODRIGUEZ GUEVARA

REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION

PROYECTO:
 "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ACTUALES Y PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA
 CARRETERA LLULLAPUQUO - CHETILLA, DISTRITO DE CHETILLA, CAJAMARCA 2019"

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES
 UBICACION: **Km 01+960 - Km 02+940**

ESCALA: 1/200
FECHA: MAR-2021
 PLANO N°: ST - 003
 REV. A



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



TESISTA:
 BACH. ING. HENRY A. BURGOS JULCA

ASESOR:
 ING. EVER RODRIGUEZ GUEVARA

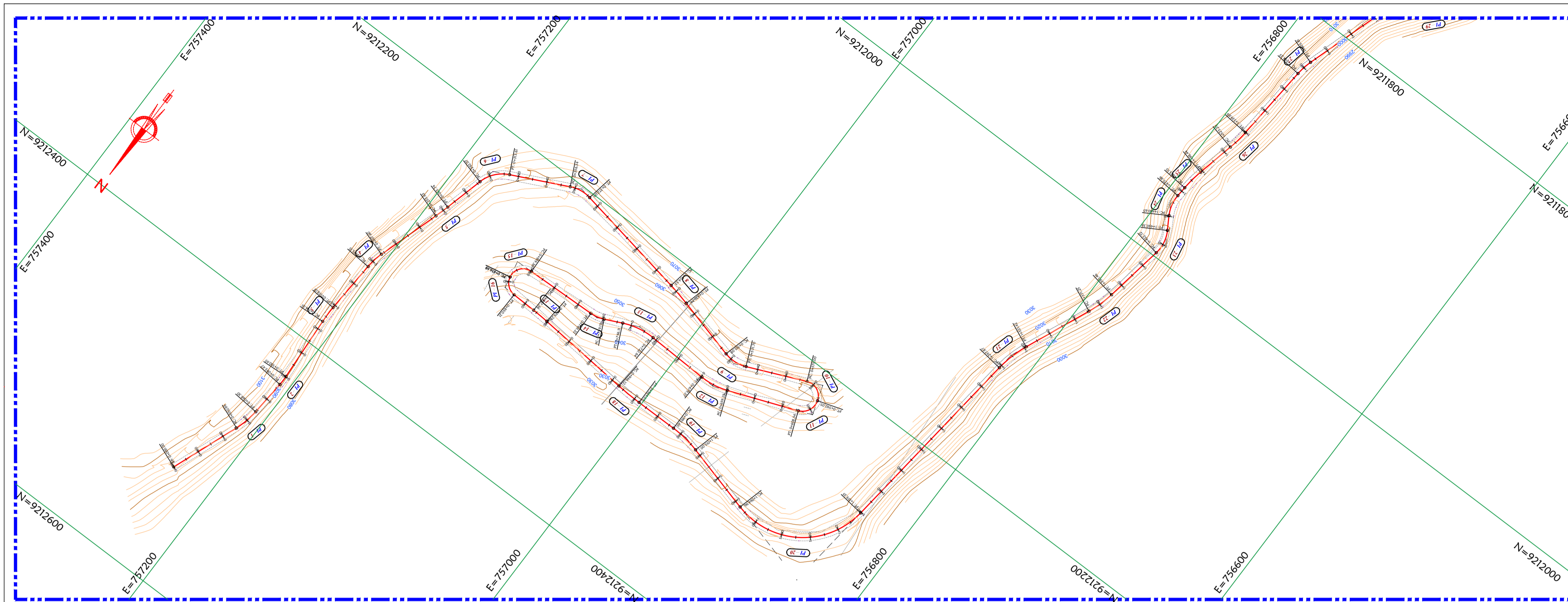
REVISIONES	
N°	FECHA

PROYECTO:
 "EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS ACTUALES Y PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA
 CARRETERA LLULLAPUQUIO - CHETILLA, DISTRITO DE CHETILLA, CAJAMARCA 2019"

PLANO:
SECCIONES TRANSVERSALES
 UBICACION: **Km 02+960 - Km 04+060**

ESCALA: 1/200
FECHA: MAR-2021
 PLANO N°: REV. A
ST - 004

ANEXO 05: PLANOS DE LA PROPUESTA DE DISEÑO



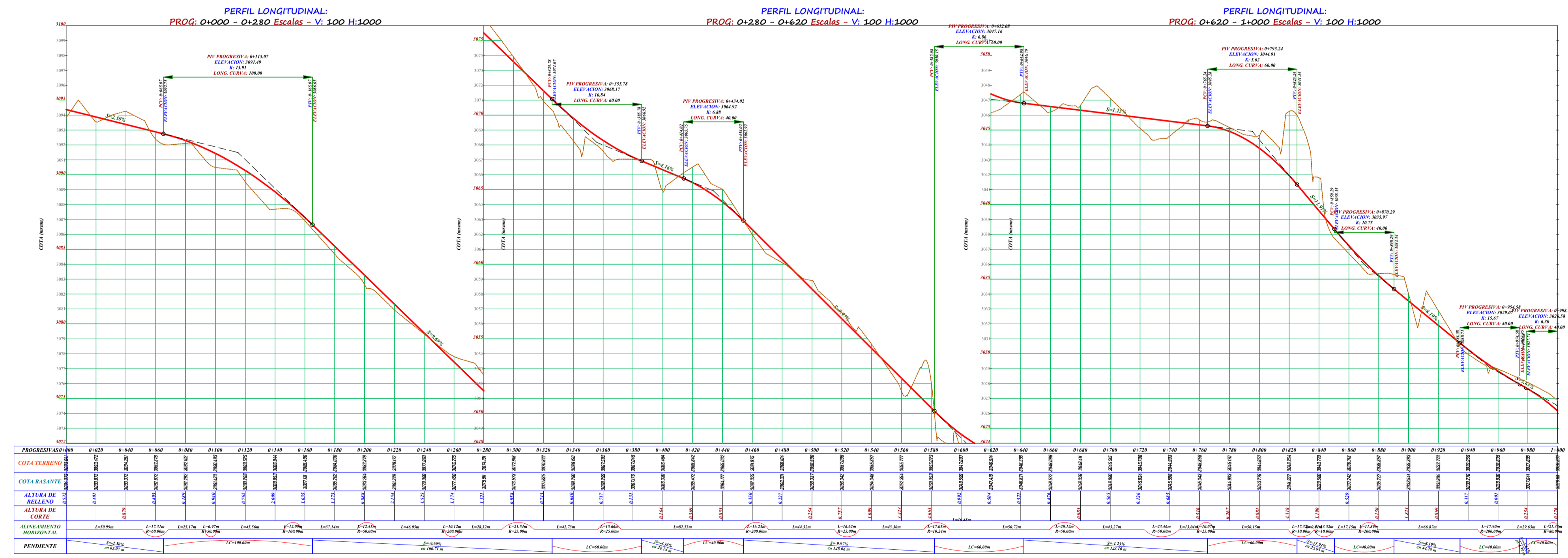
PLANTA (KM 00+000-01+000)

CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVAS													
CURVA	SENTIDO	DELTA	RADIO	TANG.	LONG. CURVA	LONG. CUERDA	EXTERNIA	MEDIA	P.I.	P.C.	P.T.	P.J. ESTE	P.J. NORTE
PI-1	1	016°31'56"	60.000	8.717	17.313	17.253m	0.630	0.623	0+059.707	0+050.990	0+068.303	757209.268	9212468.955
PI-2	1	007°59'24"	50.000	3.492	6.973	6.967m	0.122	0.121	0+096.966	0+093.474	0+100.447	757206.402	9212431.684
PI-3	8	006°52'29"	100.000	6.007	11.999	11.992m	0.180	0.180	0+152.014	0+146.008	0+158.007	757209.852	9212376.733
PI-4	8	014°16'06"	50.000	6.258	12.451	12.419m	0.390	0.387	0+201.406	0+195.148	0+207.599	757207.024	9212327.408
PI-5	1	002°53'55"	200.000	5.060	10.118	10.117m	0.064	0.064	0+258.686	0+253.626	0+263.744	757189.732	9212272.732
PI-6	8	049°22'23"	25.000	11.492	21.543	20.883m	2.515	2.285	0+303.558	0+292.066	0+313.609	757178.382	9212229.317
PI-7	8	035°53'50"	25.000	8.098	15.663	15.408m	1.279	1.217	0+364.439	0+356.341	0+372.004	757122.356	9212202.022
PI-8	8	004°38'54"	200.000	8.118	16.226	16.222m	0.165	0.165	0+462.648	0+454.531	0+470.757	757025.090	9212219.035
PI-9	1	038°05'42"	25.000	8.631	16.622	16.318m	1.448	1.369	0+523.711	0+515.080	0+531.702	756965.982	9212234.399
PI-10	8	085°25'56"	10.239	11.259	17.054	15.150m	4.979	3.350	0+586.258	0+574.999	0+592.053	756908.047	9212209.178
PI-11	1	086°48'57"	10.878	10.290	16.483	14.950m	4.096	2.975	0+602.342	0+592.053	0+608.535	756901.355	9212229.661
PI-12	8	023°03'05"	50.000	10.196	20.116	19.981m	1.029	1.008	0+669.450	0+659.254	0+679.370	756967.706	9212255.499
PI-13	1	026°53'15"	50.000	11.952	23.464	23.249m	1.409	1.370	0+734.594	0+722.842	0+746.105	757033.094	9212253.473
PI-14	8	023°04'24"	25.000	5.103	10.068	10.000m	0.515	0.505	0+764.251	0+759.148	0+769.216	757060.347	9212266.246
PI-15	8	099°13'13"	10.000	11.754	17.317	15.233m	5.432	3.520	0+831.116	0+819.362	0+836.679	757127.308	9212268.631
PI-16	1	077°29'19"	10.000	8.024	13.524	12.517m	2.821	2.201	0+844.711	0+836.687	0+850.211	757123.447	9212288.021
PI-17	8	003°24'22"	200.000	5.947	11.890	11.888m	0.088	0.088	0+873.308	0+867.362	0+879.252	757092.333	9212288.701
PI-18	1	005°07'44"	200.000	8.958	17.903	17.897m	0.200	0.200	0+955.083	0+946.125	0+964.028	757010.825	9212295.342
PI-19	8	015°17'27"	80.000	10.739	21.350	21.287m	0.718	0.711	1+004.392	0+993.653	1+015.003	756961.505	9212294.936

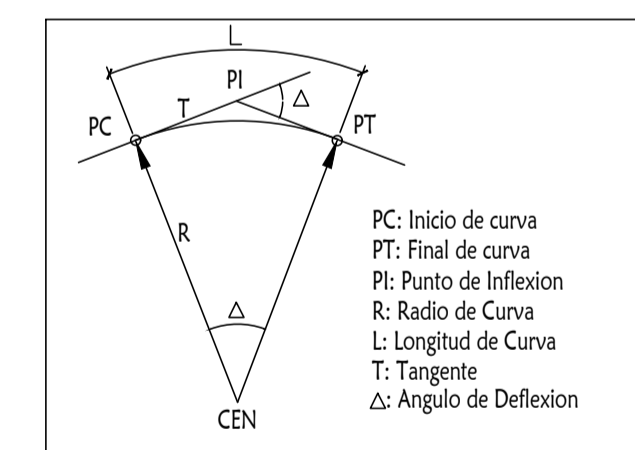
LEYENDA	
	EJE DE VIA
	CURVAS DE NIVEL
	CASAS-CONSTRUCCIONES
	ALCANTARILLA
	RIO
	BENCH MARK
	PUENTE PROYECTADO
	BADEN PROYECTADO
	KILOMETRAJE
	NORTE MAGNETICO
	ESTACADO @ 10 m
	CURVA HORIZONTAL

PERFIL LONGITUDINAL (KM 00+000-01+000)

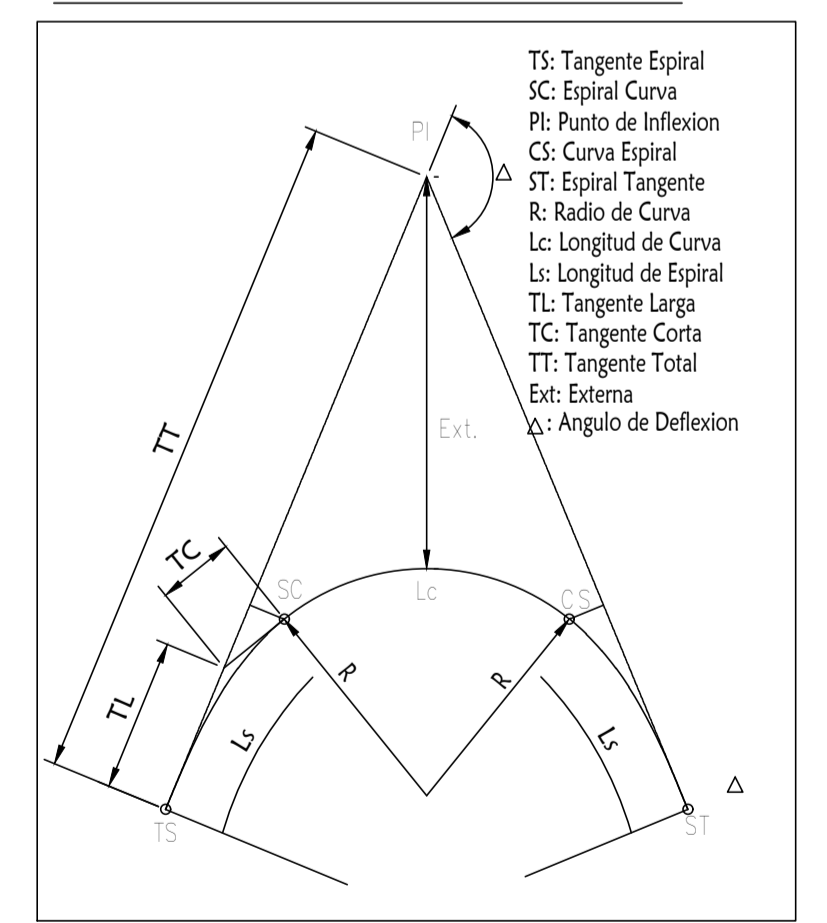
ESCALA: V:1/200
H:1/2000



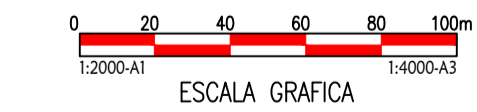
ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



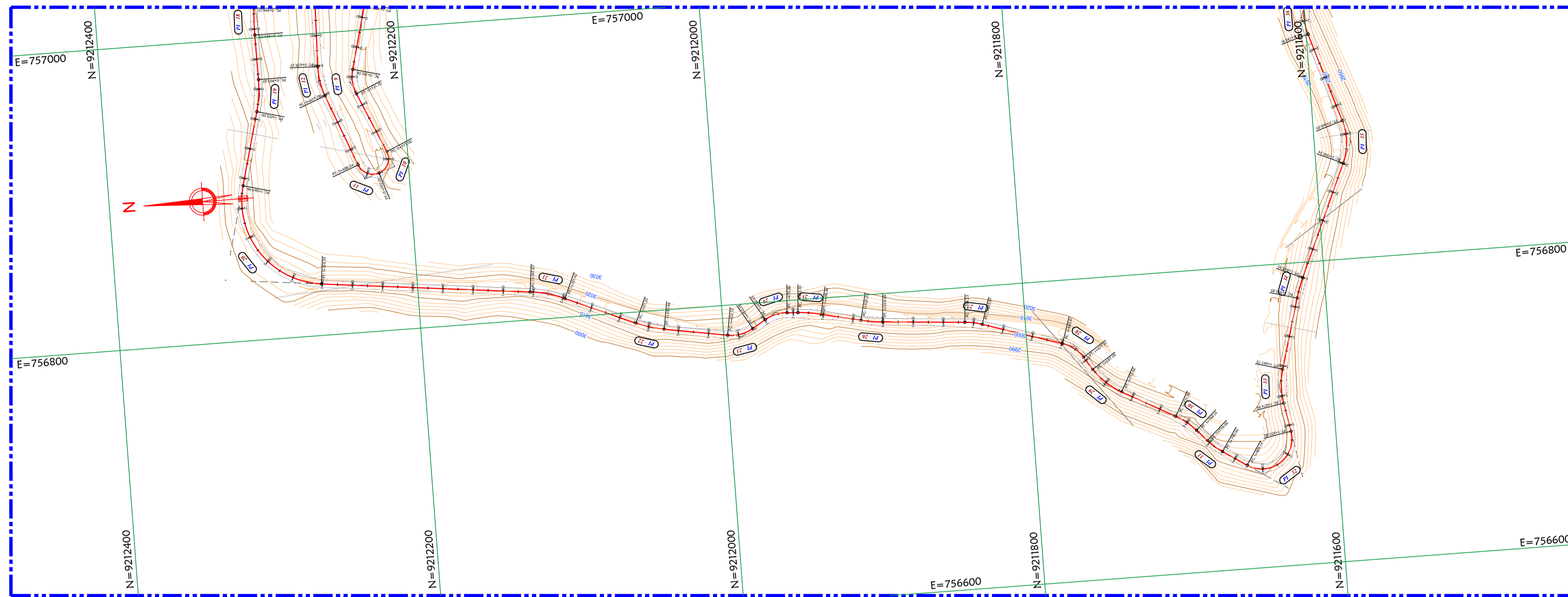
ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL



NOTAS:
1.- EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ESTA REFERIDO AL DATUM WGS-84.
2.- ELEVACIONES EN MSNM.
3.- LA EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL ES DE DOS METRO.



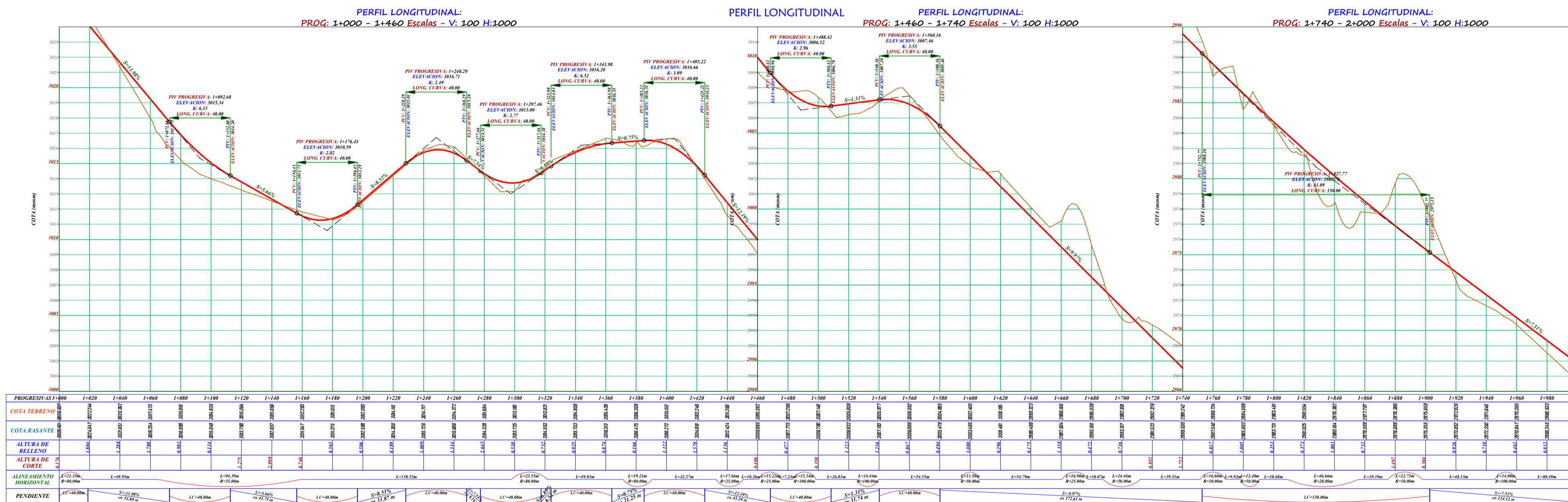
REVISIONES		
Nº	FECHA	DESCRIPCION



PLANTA (KM 01+000-02+000)

PERFIL LONGITUDINAL (KM 01+000-02+000)

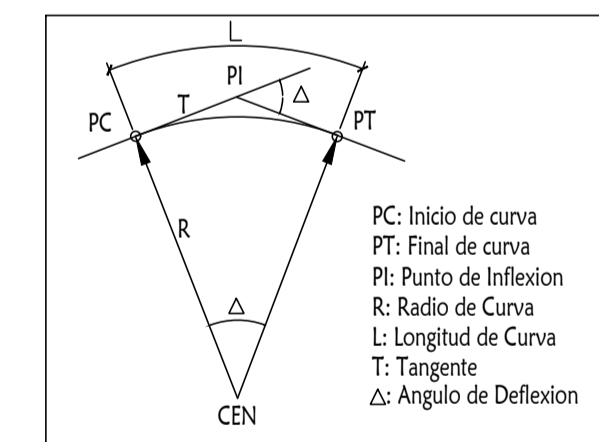
ESCALA: V:1/200
H:1/2000



CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVAS													
CURVA	SENTIDO	DELTA	RADIO	TANG.	LONG. CURVA	LONG. CUERDA	EXTERNA	MEDIA	P.I.	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
PI-1	1	016°31'56"	60.000	8.717	17.313	17.253m	0.630	0.623	0+059.707	0+059.990	0+068.303	757209.268	9212468.955
PI-2	1	007°59'24"	50.000	3.492	6.973	6.967m	0.122	0.121	0+096.966	0+093.474	0+100.447	757206.402	9212431.684
PI-3	8	006°52'29"	100.000	6.007	11.999	11.992m	0.180	0.180	0+152.014	0+146.008	0+158.007	757209.852	9212376.733
PI-4	8	014°16'06"	50.000	6.258	12.451	12.419m	0.390	0.387	0+201.406	0+195.148	0+207.599	757207.024	9212327.408
PI-5	1	002°53'55"	200.000	5.060	10.118	10.117m	0.064	0.064	0+258.686	0+253.626	0+263.744	757189.732	9212272.732
PI-6	8	049°22'23"	25.000	11.492	21.543	20.883m	2.515	2.285	0+303.558	0+292.066	0+313.609	757178.382	9212229.317
PI-7	8	035°53'50"	25.000	8.098	15.663	15.408m	1.279	1.217	0+364.439	0+356.341	0+372.004	757122.356	9212202.022
PI-8	8	004°38'54"	200.000	8.118	16.226	16.222m	0.165	0.165	0+462.648	0+454.531	0+470.757	757025.090	9212219.035
PI-9	1	038°05'42"	25.000	8.631	16.622	16.318m	1.448	1.369	0+523.711	0+515.080	0+531.702	756965.982	9212234.399
PI-10	8	095°25'56"	10.239	11.259	17.054	15.150m	4.979	3.350	0+586.258	0+574.999	0+592.053	756908.047	9212209.178
PI-11	1	086°48'57"	10.878	10.290	16.483	14.950m	4.096	2.975	0+602.342	0+592.053	0+608.535	756901.355	9212229.661
PI-12	8	023°03'05"	50.000	10.196	20.116	19.981m	1.029	1.008	0+669.450	0+659.254	0+679.370	756967.706	9212255.499
PI-13	1	026°53'15"	50.000	11.952	23.464	23.249m	1.409	1.370	0+734.594	0+722.642	0+746.105	757033.094	9212253.473
PI-14	8	023°04'24"	25.000	5.103	10.068	10.000m	0.515	0.505	0+764.251	0+759.148	0+769.216	757060.347	9212266.246
PI-15	8	099°13'13"	10.000	11.754	17.317	15.233m	5.432	3.520	0+831.116	0+819.362	0+836.679	757127.308	9212268.631
PI-16	1	077°29'19"	10.000	8.024	13.524	12.517m	2.821	2.201	0+844.711	0+836.687	0+850.211	757123.447	9212288.021
PI-17	8	003°24'22"	200.000	5.947	11.890	11.888m	0.088	0.088	0+873.308	0+867.362	0+879.252	757092.333	9212288.701
PI-18	1	005°07'44"	200.000	8.958	17.903	17.897m	0.200	0.200	0+955.083	0+946.125	0+964.028	757010.825	9212295.342
PI-19	8	015°17'27"	80.000	10.739	21.350	21.287m	0.718	0.711	1+004.392	0+993.653	1+015.003	756961.505	9212294.936

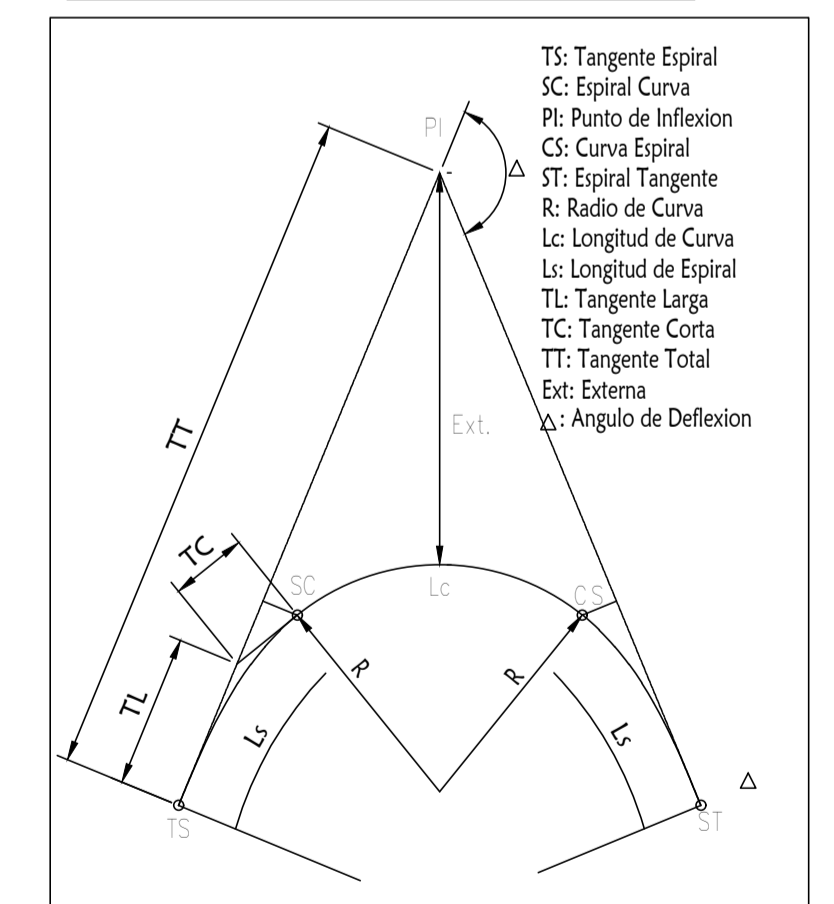
LEYENDA	
	EJE DE VIA
	CURVAS DE NIVEL
	CASAS-CONSTRUCCIONES
	ALCANTARILLA
	RIO
	BENCH MARK
	PUENTE PROYECTADO
	BADEN PROYECTADO
	KILOMETRAJE
	NORTE MAGNETICO
	ESTACADO @ 10 m
	CURVA HORIZONTAL

ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



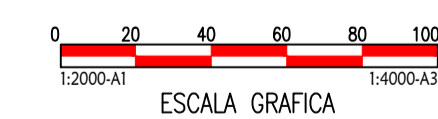
PC: Inicio de curva
PT: Final de curva
PI: Punto de Inflection
R: Radio de Curva
L: Longitud de Curva
T: Tangente
Δ: Angulo de Deflexion

ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL

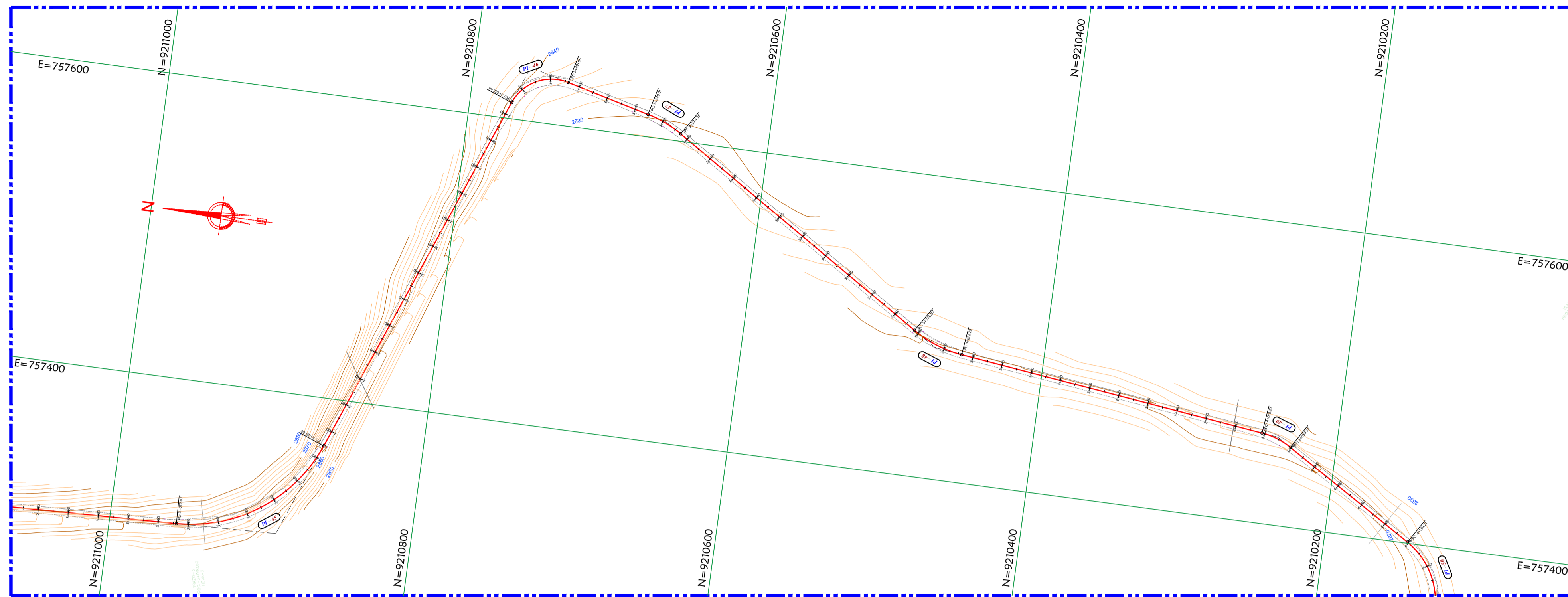


TS: Tangente Espiral
SS: Espiral Curva
PI: Punto de Inflection
CS: Curva Espiral
ST: Espiral Tangente
R: Radio de Curva
Lc: Longitud de Curva
TL: Tangente Larga
TC: Tangente Corta
TT: Tangente Total
Ext: Extrema
Δ: Angulo de Deflexion

NOTAS:
1.- EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ESTA REFERIDO AL DATUM WGS-84.
2.- ELEVACIONES EN MSNM.
3.- LA EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL ES DE UN METRO.



REVISIONES		
Nº	FECHA	DESCRIPCION



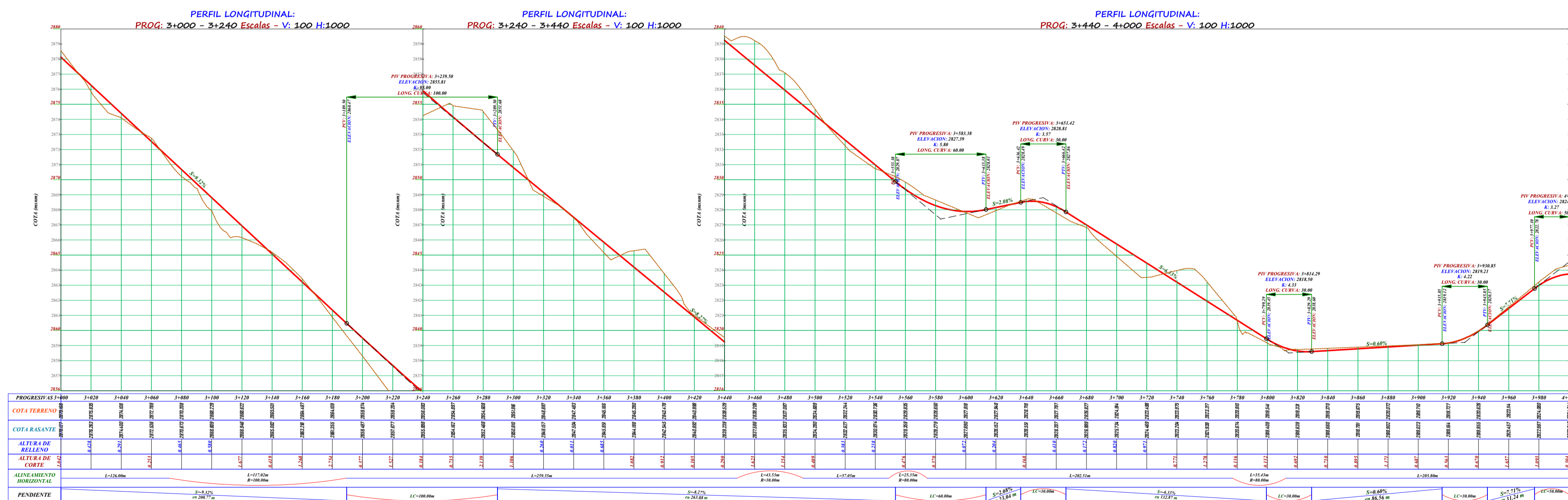
PLANTA (KM 03+000-04+000)

CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVAS												
CURVA	SENTIDO	DELTA	RADIO	TANG.	LONG. CURVA	LONG. CUERDA	EXTERNA	MEDIA	P.I.	P.C.	P.T.	P.J. NORTE
PI-45	1	06°02'49"	100.000	66.248	117.019	110.456m	19.953	16.634	3+138.314	3+072.067	3+189.086	757306.731
PI-46	8	08°07'49"	30.000	26.603	43.527	39.808m	10.096	7.554	3+475.040	3+448.437	3+491.964	757635.389
PI-47	8	018°09'12"	80.000	12.781	25.347	25.241m	1.014	1.002	3+561.791	3+549.010	3+574.357	757611.736
PI-48	1	02°52'21"	80.000	18.008	35.425	35.137m	2.002	1.953	3+794.877	3+776.870	3+812.295	757486.891

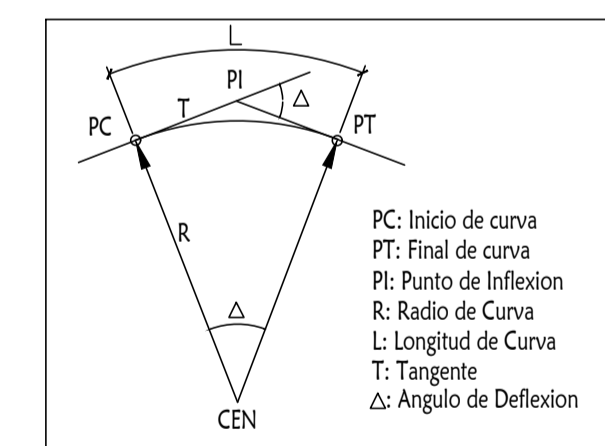
LEYENDA	
	EJE DE VIA
	CURVAS DE NIVEL
	CASAS-CONSTRUCCIONES
	ALCANTARILLA
	RIO
	BENCH MARK
	PUENTE PROYECTADO
	BADEN PROYECTADO
	KILOMETRAJE
	NORTE MAGNETICO
	ESTACADO @ 10 m
	CURVA HORIZONTAL

PERFIL LONGITUDINAL (KM 03+000-04+000)

ESCALA: V:1/200
H:1/2000

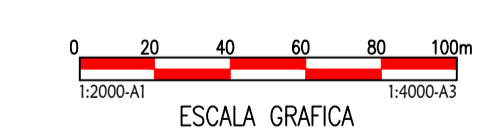
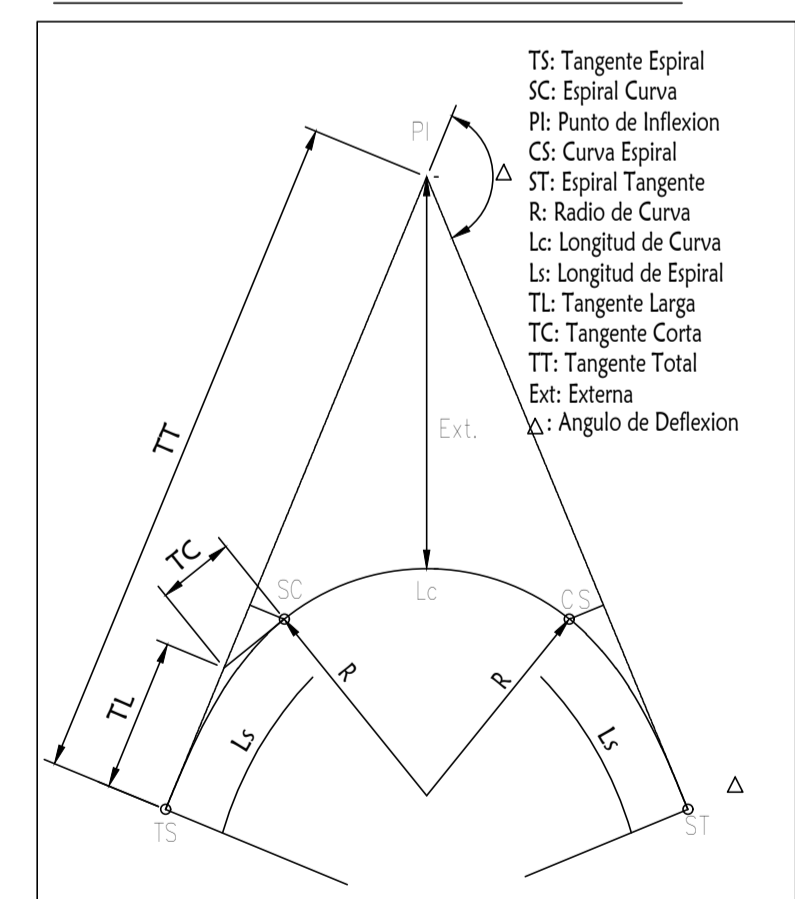


ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR

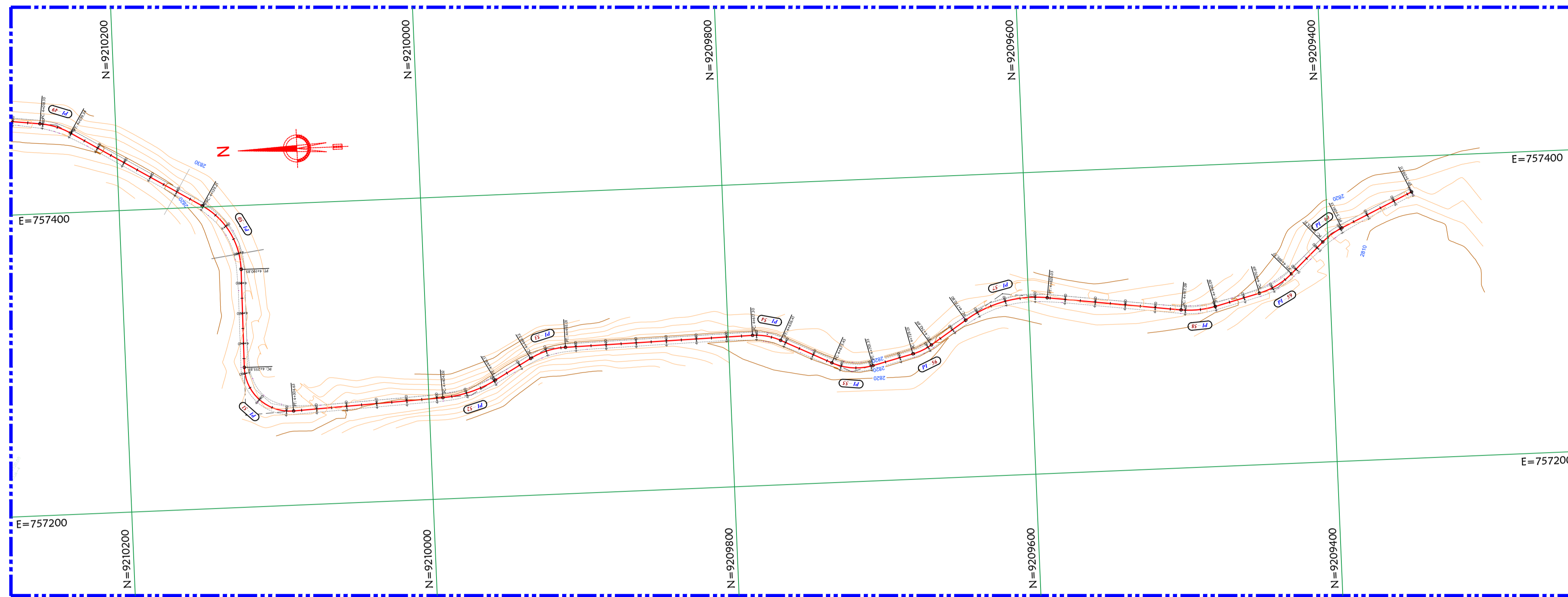


NOTAS:
1.- EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ESTA REFERIDO AL DATUM WGS-84.
2.- ELEVACIONES EN MSNM.
3.- LA EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL ES DE UN METRO.

ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL



REVISIONES		
N°	FECHA	DESCRIPCION



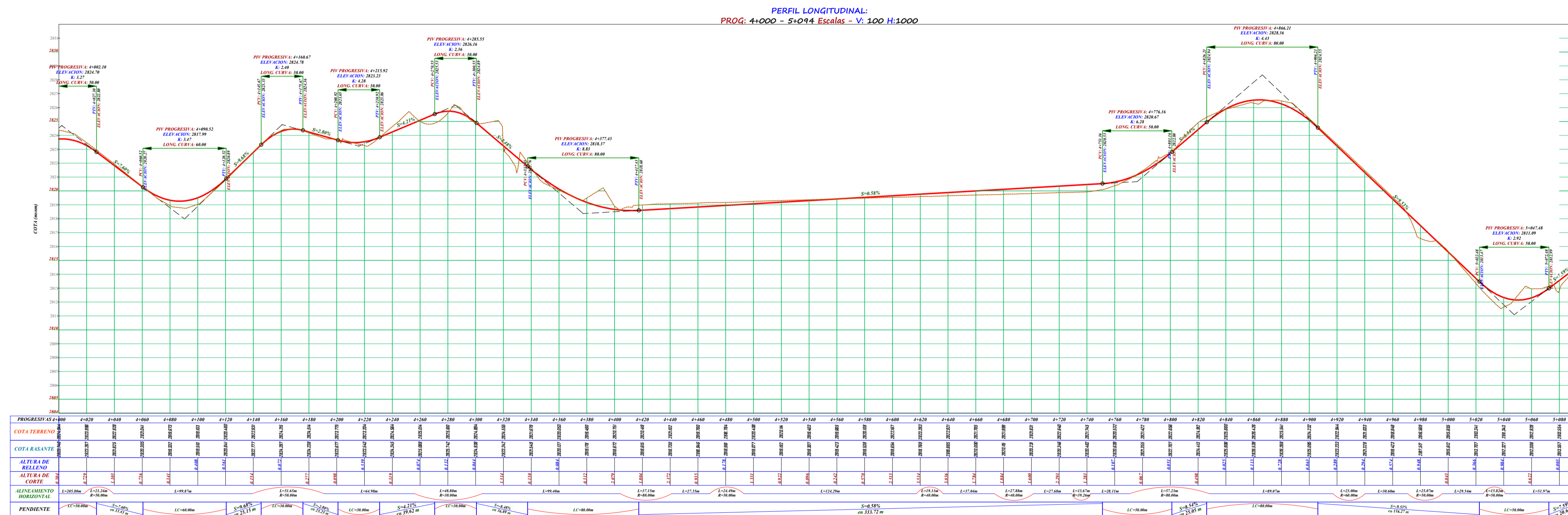
PLANTA (KM 04+000-05+094)

CUADRO DE COORDENADAS Y ELEMENTOS DE CURVAS													
CURVA	SENTIDO	DELTA	RADIO	TANG.	LONG. CURVA	LONG. CHERDA	EXTERNA	MEDIA	P.I.	P.C.	P.T.	P.I. ESTE	P.I. NORTE
PI-49	8	02°42'01"	50.000	10.782	21.239	21.080m	1.149	1.124	4+028.881	4+018.099	4+039.338	757458.380	9210239.387
PI-50	8	05°01'05"	50.000	28.393	51.645	49.380m	7.499	6.521	4+167.602	4+139.209	4+190.854	757386.103	9210120.602
PI-51	1	08°51'14"	30.000	31.722	48.798	43.593m	13.661	9.387	4+287.553	4+255.830	4+304.628	757261.016	9210121.694
PI-52	1	02°36'23"	80.000	18.916	37.150	36.817m	2.206	2.147	4+422.940	4+404.024	4+441.173	757268.075	9209971.827
PI-53	8	02°03'31"	50.000	12.494	24.486	24.242m	1.537	1.491	4+481.015	4+468.521	4+493.007	757296.832	9209920.588
PI-54	8	02°22'34"	40.000	9.742	19.112	18.931m	1.169	1.136	4+627.038	4+617.286	4+636.408	757300.014	9209774.097
PI-55	1	03°56'26"	40.000	14.535	27.884	27.323m	2.559	2.405	4+687.984	4+673.449	4+701.333	757273.007	9209719.047
PI-56	1	01°57'21"	39.257	6.907	13.673	13.604m	0.603	0.594	4+735.920	4+729.013	4+742.686	757284.710	9209671.339
PI-57	8	04°59'13"	80.000	29.900	57.228	56.016m	5.405	5.063	4+800.699	4+770.799	4+828.027	757320.457	9209617.148
PI-58	1	02°15'50"	60.000	11.643	23.001	22.860m	1.119	1.099	4+928.736	4+917.093	4+940.093	757303.191	9209487.685
PI-59	1	02°43'51"	50.000	12.806	25.072	24.811m	1.614	1.563	4+983.499	4+970.694	4+995.766	757316.851	9209434.357
PI-60	8	01°07'59"	50.000	7.979	15.824	15.758m	0.633	0.625	5+023.307	5+041.131	5+041.131	757351.236	9208397.611

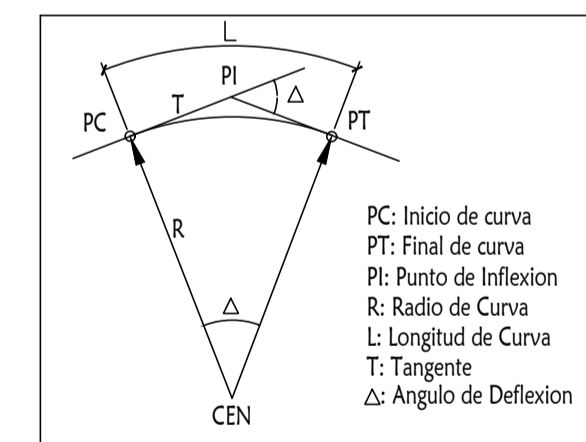
LEYENDA	
	EJE DE VIA
	CURVAS DE NIVEL
	CASAS-CONSTRUCCIONES
	ALCANTARILLA
	RIO
	BENCH MARK
	PUENTE PROYECTADO
	BADEN PROYECTADO
	KILOMETRAJE
	ESTACADO @ 10 m
	NORTE MAGNETICO
	CURVA HORIZONTAL

PERFIL LONGITUDINAL (KM 04+000-05+094)

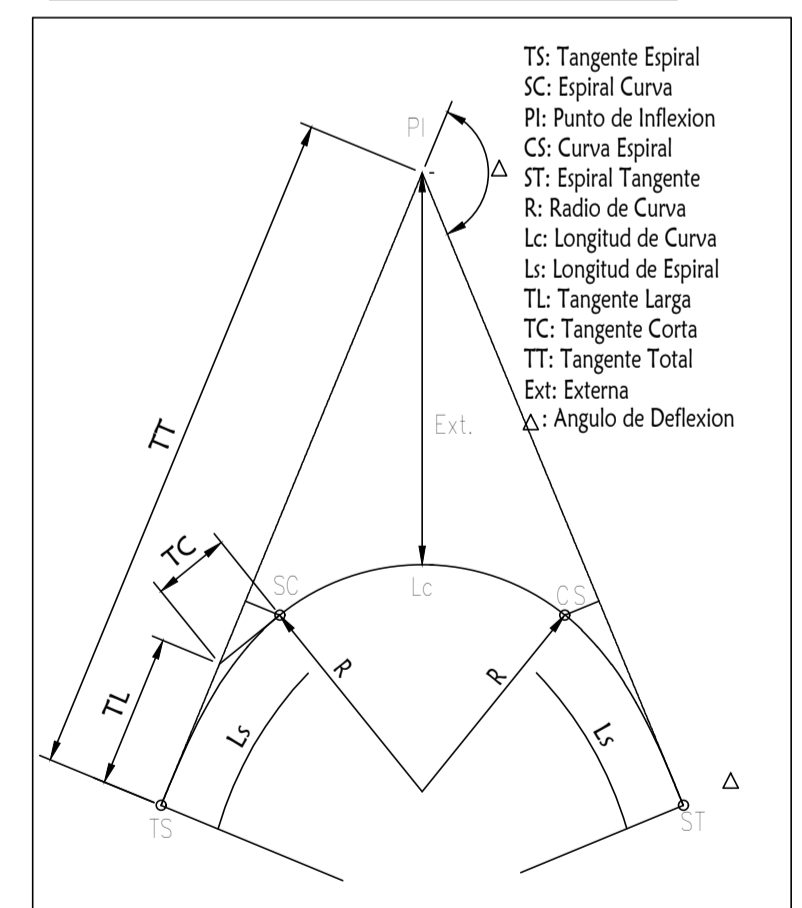
ESCALA: V:1/200
H:1/2000



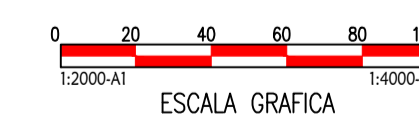
ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR



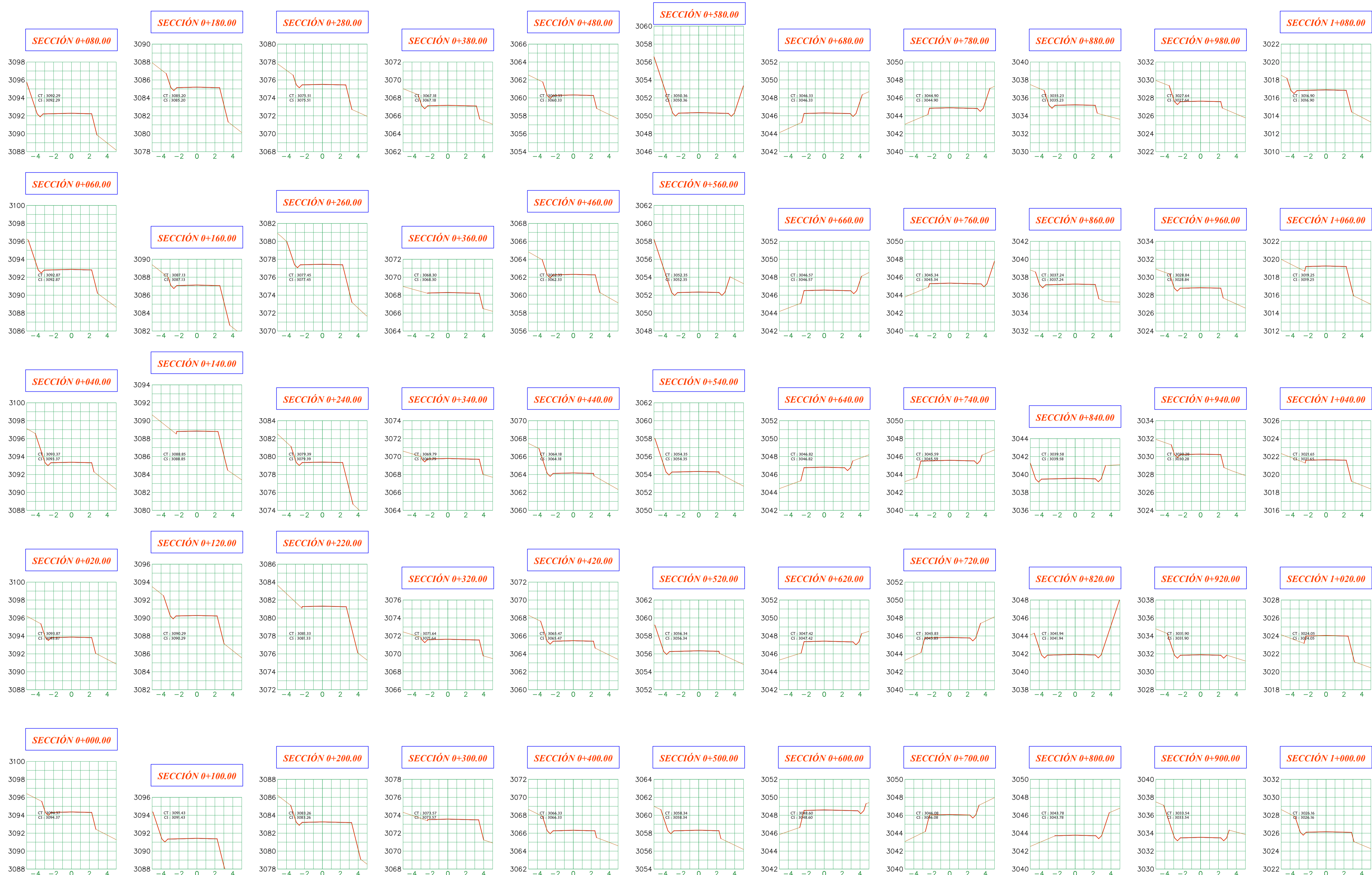
ELEMENTOS DE CURVA CIRCULAR CON ESPIRAL



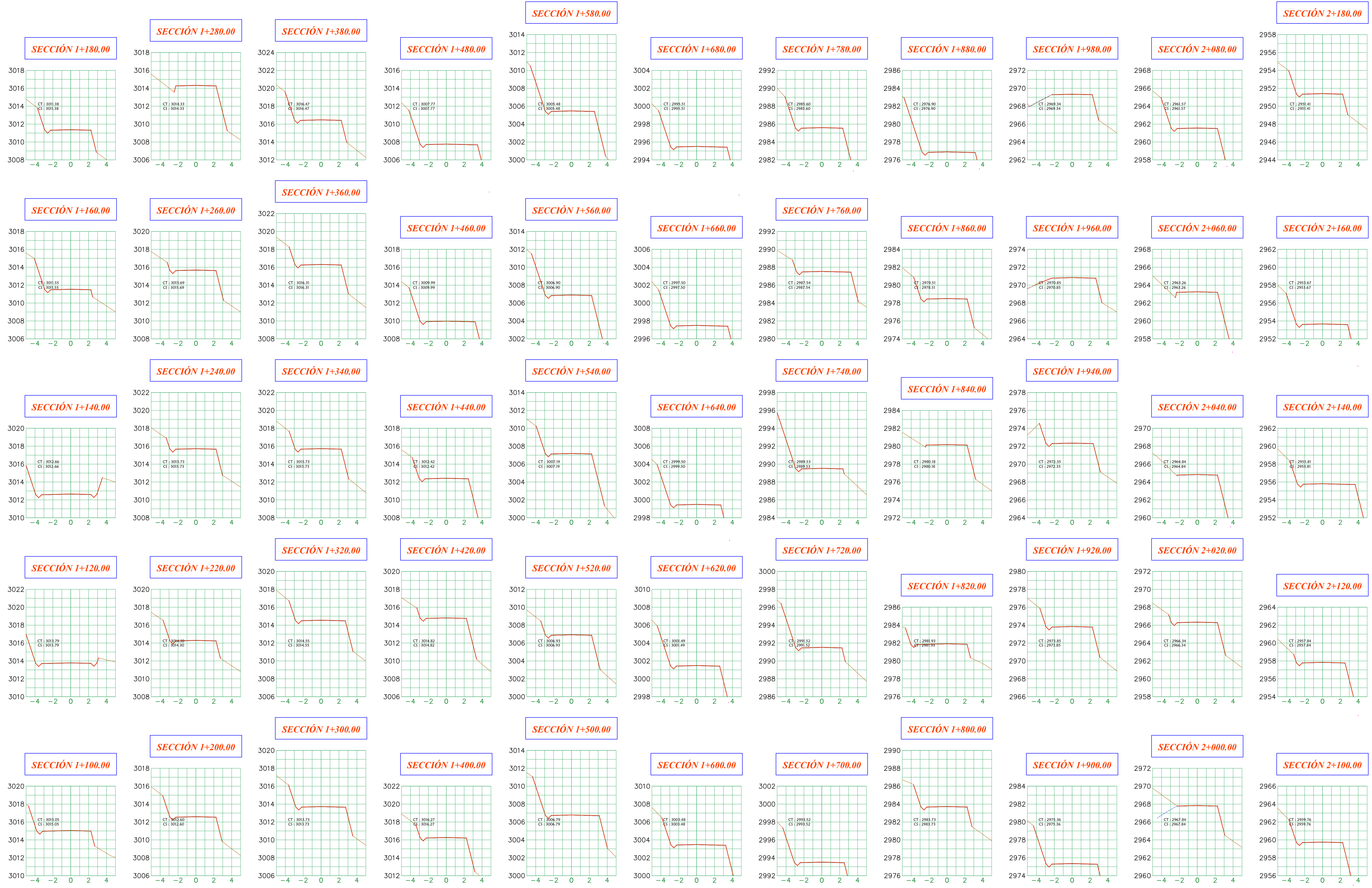
NOTAS:
1.- EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO ESTA REFERIDO AL DATUM WGS-84.
2.- ELEVACIONES EN MSNM.
3.- LA EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS DE NIVEL ES DE UN METRO.



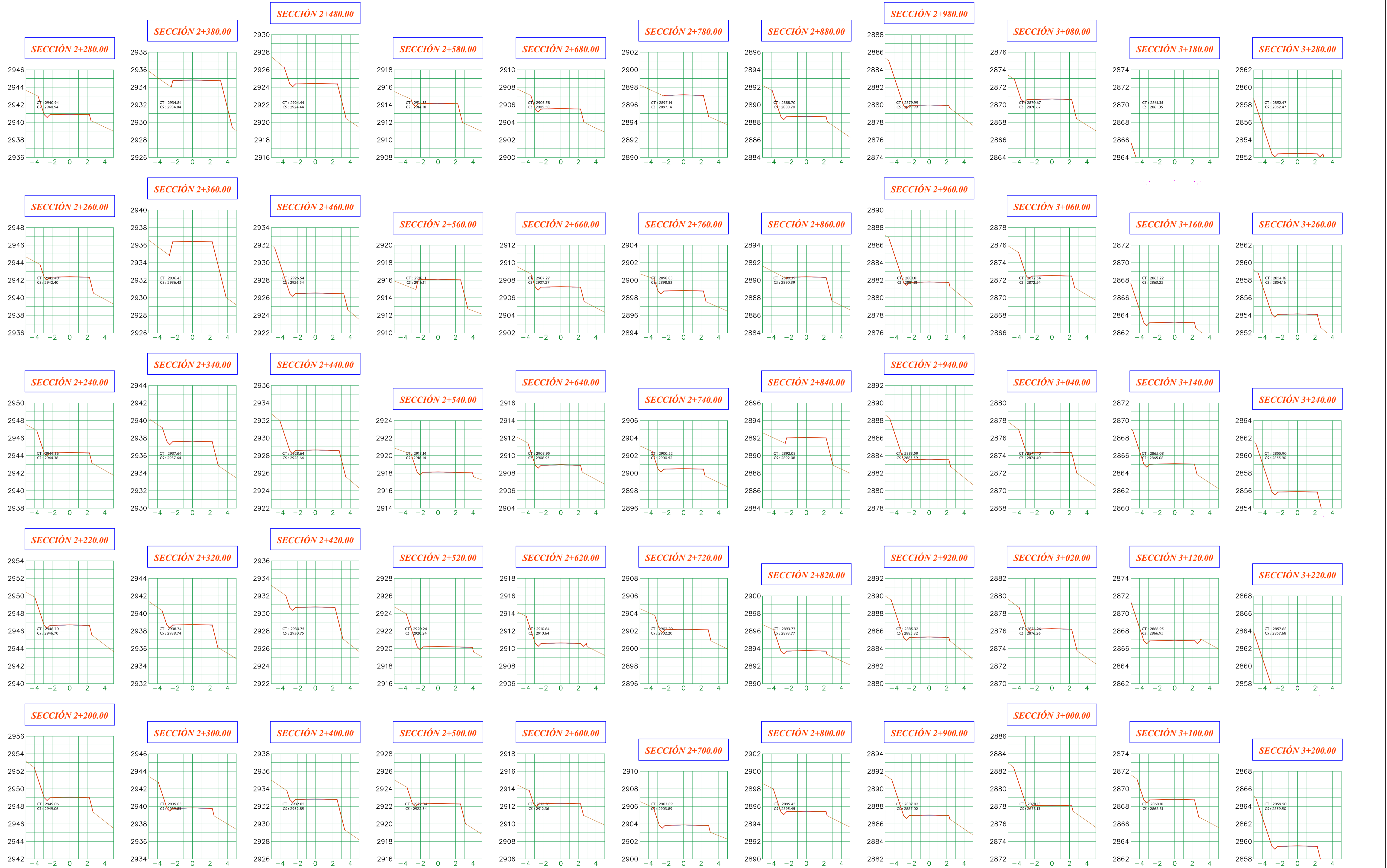
REVISIONES	
Nº	FECHA



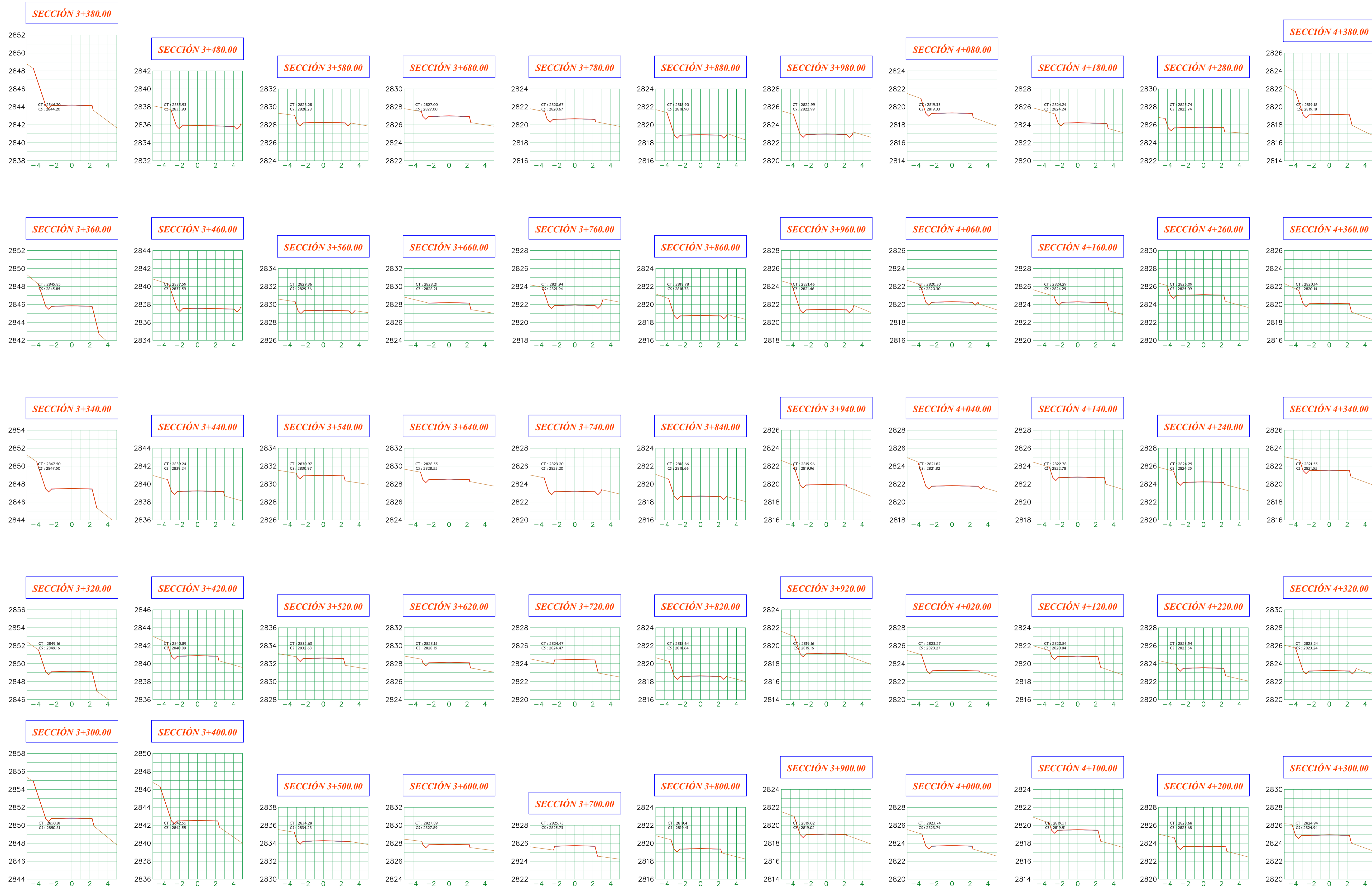
REVISIONES	
N°	FECHA



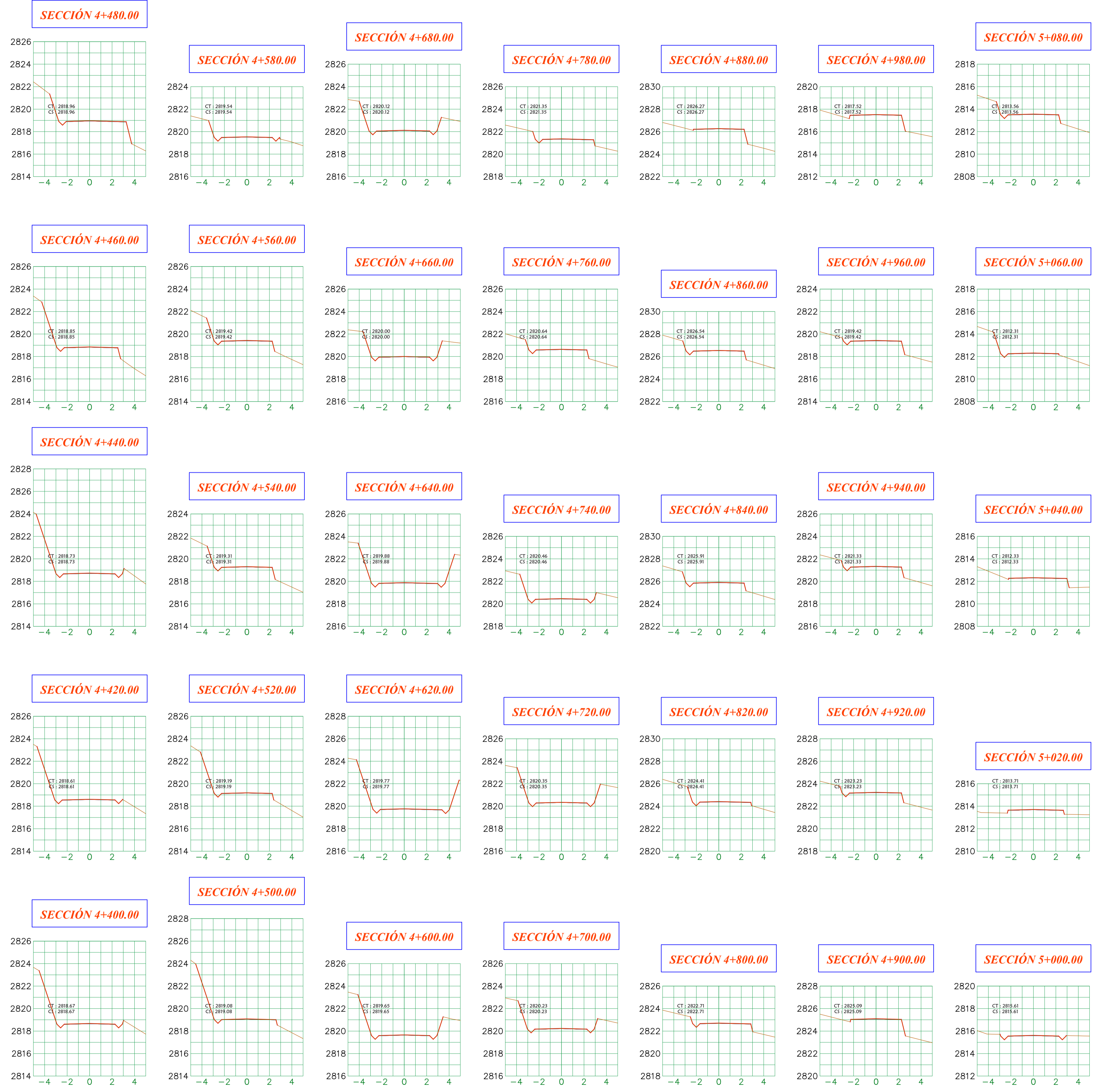
REVISIONES	
N°	FECHA



REVISIONES	
N°	FECHA



REVISIONES	
N°	FECHA



REVISIONES	
N°	FECHA