



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE 4.15 KM DE LA VÍA NALLIG-
LLINTIG DEL CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Civil

AUTORES: GÓMEZ VALVERDE CARLOS DAVID

GORDILLO GUALPA MATEO GABRIEL

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc.

Cuenca – Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Carlos David Gómez Valverde con documento de identificación N° 0106485279 y Mateo Gabriel Gordillo Gualpa con documento de identificación N° 0106516412; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 8 de Julio del 2024

Atentamente,



Carlos David Gómez Valverde
0106485279



Mateo Gabriel Gordillo Gualpa
0106516412

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Carlos David Gómez Valverde con documento de identificación N° 0106485279 y Mateo Gabriel Gordillo Gualpa con documento de identificación N° 0106516412, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: Diseño geométrico y estructural de 4.15 km de la vía Nallig-Llintig del cantón Gualaceo, provincia del Azuay, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 8 de Julio del 2024

Atentamente,

Carlos David Gómez Valverde

0106485279

Mateo Gabriel Gordillo Gualpa

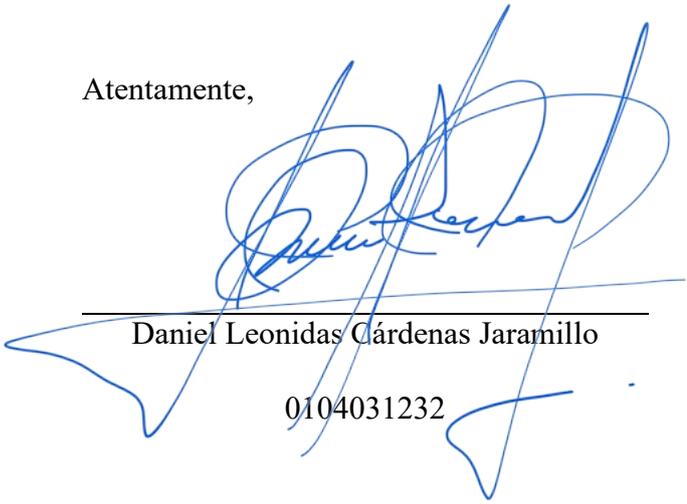
0106516412

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo con documento de identificación N° 0104031232, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE 4.15 KM DE LA VÍA NALLIG-LLINTIG DEL CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Carlos David Gómez Valverde con documento de identificación N° 0106485279 y Mateo Gabriel Gordillo Gualpa con documento de identificación N° 0106516412, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 8 de Julio del 2024

Atentamente,



Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo

0104031232

DEDICATORIA

A Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso y desafío de este camino. A mis padres Moisés Hernán y Alicia Beatriz que toda la vida han sido mi pilar incondicional a pesar de las circunstancias, y los cuales siempre eh tenido a mi lado apoyándome en cada uno de los días de esta etapa académica. A mi abuelo Segundo quien desde el cielo ha observado cada paso de mi etapa universitaria y aunque no esté aquí, se lo orgulloso que estaría. De igual manera a mis compañeros y por supuesto amigos, que desde el día uno nos apoyamos y crecimos en conjunto en toda esta trayectoria; en especial a Carlos Gómez y Mateo Berrezueta, con quienes en estas últimas etapas hemos formado un gran vinculo de apoyo y amistad.

Mateo Gabriel

A mis padres, Carlos y Jomaira, por el amor, cariño y apoyo incondicional que siempre me han brindado. Gracias por los valores y enseñanzas que han guiado mi desarrollo como profesional y, sobre todo, como persona. Me han enseñado a perseguir mis sueños y me han demostrado que el esfuerzo siempre tiene su recompensa. A mis hermanitos, ustedes son mi mayor motivación para seguir adelante y convertirme en un buen ejemplo a seguir.

A todos mis familiares, quienes me han acogido en una familia llena de amor, principios y valores, en especial a mi Tía Zoila, quien me ha abierto las puertas de su casa y me ha hecho uno más de sus hijos. A mis amigos, con quienes he forjado vínculos profundos y nos hemos apoyado mutuamente hasta este punto de nuestras vidas. Quiero destacar especialmente a Mateo Gordillo y Mateo Berrezueta, quienes han sido los mejores.

Y a mi novia Nicole, mi gran apoyo durante mi etapa universitaria, quien ha estado a mi lado en todo momento a lo largo de este camino y estoy seguro de que lo seguirá estando.

Carlos David

Índice de contenido

1.	CONTENIDO	XII
1.1.	Resumen.....	XII
1.2.	Abstract.....	XIII
1.3.	Introducción	1
1.4.	Problema	2
1.4.1.	Antecedentes	3
1.4.2.	Importancia y Alcances.....	4
1.4.3.	Delimitación.....	6
1.5.	Objetivos.....	6
1.5.1.	Objetivo general.....	7
1.5.2.	Objetivo específico	7
2.	Marco Teórico.....	7
2.1.	Carreteras	7
2.2.	Diseño Geométrico	8
2.2.1.	Velocidad de diseño	8
2.2.2.	Alineamiento Horizontal.....	9
2.2.3.	Alineamiento Vertical	10
2.2.4.	Peralte	11
2.2.5.	Radio Mínimo de Curvatura	11
2.2.6.	Coefficiente de fricción lateral	12
2.2.7.	Distancia de frenado	13
2.2.8.	Distancia de visibilidad en curvas horizontales	14
2.2.9.	Distancia de visibilidad lateral.....	14
2.2.10.	Distancia de rebasamiento	15
2.2.11.	Sobre anchos de curva	15
2.3.	Tránsito	16
2.3.1.	TPDA	16
2.3.2.	Trafico futuro	17
2.3.3.	Factor Horario.....	17
2.3.4.	Factor Diario	17
2.3.5.	Factor Semanal.....	18
2.3.6.	Factor mensual	18

2.3.7.	ESALS	18
2.3.8.	Factores de carga equivalente (LEF)	18
2.3.9.	Factor camión.....	18
2.3.10.	Clasificación de carreteras por Volumen de Tránsito.....	19
2.3.11.	Clasificación de vías por su Función	19
2.3.11.1.	Corredores Arteriales	20
2.3.11.2.	Vías Colectoras	20
2.3.11.3.	Caminos Vecinales	20
2.3.12.	Tipos de terreno	20
2.3.12.1.	Terreno plano	21
2.3.12.2.	Terreno ondulado	21
2.3.12.3.	Terreno montañoso.....	21
2.3.12.4.	Terreno escarpado	21
2.4.	Suelo	22
2.5.	Topografía	22
2.5.1.	Estudio topográfico RTK	22
2.5.2.	Estudio topográfico con Fotogrametría	22
2.5.3.	Dron	23
2.5.4.	Agisoft Metashape	23
2.6.	Normativa Técnica.....	23
2.7.	AASHTO 93	24
2.8.	Geotecnia	24
2.9.	Estudios Geotécnicos	24
2.9.1.	Ensayo de Granulometría.....	24
2.9.2.	Ensayo de Proctor Estándar y Proctor Modificado.....	25
2.9.3.	Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio).....	25
2.10.	Pavimentos.....	26
2.10.1.	Pavimentos flexibles	26
2.10.1.1.	Base.....	26
2.10.1.2.	Subbase	26
2.10.1.3.	Carpeta Asfáltica.....	27
2.10.2.	Pavimento Rígido.....	27
2.11.	Diseño de Pavimentos Flexibles	27
2.11.1.	Confiability R.....	28
2.11.2.	Módulo Resiliente.....	28

2.11.3.	Módulo resiliente de la carpeta asfáltica.....	29
2.11.4.	Número Estructural.....	29
2.11.5.	Determinación de números estructurales.....	30
2.11.6.	Pérdida de serviciabilidad.....	32
2.11.7.	Características del drenaje.....	33
2.11.8.	Diseño Estructural.....	33
2.11.9.	Análisis de espesores.....	34
2.12.	Señalización Vertical.....	35
2.12.1.	Colores.....	35
2.12.2.	Distancia de Legibilidad.....	36
2.12.3.	Señales de Información.....	37
2.12.3.1.	Ubicación.....	37
2.12.3.2.	Diseño de flechas.....	37
2.12.3.3.	Soportes para señales de información.....	38
2.12.3.4.	Diseño.....	38
2.12.3.5.	Señal de decisión de destino.....	39
2.12.4.	Señales Regulatorias.....	39
2.12.4.1.	Clasificación de señales regulatorias.....	39
2.12.5.	Señales Preventivas.....	42
2.12.5.1.	Clasificación de señales preventivas.....	42
2.13.	Señalización horizontal.....	45
2.13.1.	Mensaje.....	45
2.13.2.	Ubicación.....	45
2.13.3.	Color.....	45
2.13.4.	Retro reflexión.....	46
2.13.5.	Líneas longitudinales.....	46
2.13.5.1.	Doble línea continua (línea de barrera).....	47
2.13.5.2.	Doble línea mixta.....	48
2.13.6.	Zonas de no rebasar.....	49
2.13.7.	Líneas de borde de calzada.....	50
2.13.7.1.	Líneas de borde de calzada continua.....	50
2.13.8.	Líneas transversales.....	51
2.13.8.1.	Líneas de pare.....	51
2.13.9.	Reductores de velocidad.....	52
2.13.10.	Resalto.....	52

2.13.10.1.	Dimensiones.....	54
2.13.10.2.	Identificación de la necesidad.....	54
2.14.	Drenaje.....	55
2.14.1.	Drenaje Subterráneo.....	55
2.14.2.	Precipitaciones	55
2.14.3.	Datos de Lluvia.....	55
2.14.4.	Curvas IDF.....	56
2.14.4.1.	Cálculo de Curvas IDF.....	57
2.15.	Cunetas.....	57
2.15.1.	Pendiente y velocidad	57
2.15.2.	Forma de la Sección.....	58
2.15.3.	Sección típica de la cuneta.....	58
2.15.4.	Cálculo del Coeficiente de escorrentía C.....	59
2.15.5.	Cálculo del caudal en la estructura	60
3.	METODOLOGIA.....	61
3.1.	Cálculos.....	61
3.1.1.	Topografía	61
3.1.2.	Ubicación del proyecto	61
3.1.3.	Levantamiento.....	62
3.1.4.	Procesamiento de datos.....	62
3.2.	Ensayos de Laboratorio.....	64
3.2.1.	Recolección de muestras.....	64
3.2.2.	Proctor Modificado	65
3.2.3.	CBR.....	66
3.3.	TPDA	67
3.3.1.	Conteo Vehicular.....	67
3.3.2.	Cálculo de TPDA	70
3.3.3.	Proyección de trafico	70
3.4.	ESALS	72
3.5.	Diseño de Pavimento flexible	74
3.5.1.	Daño relativo (Uf).....	74
3.5.2.	Parámetros de confiabilidad.....	76
3.5.3.	Parámetros de serviciabilidad	77
3.5.4.	Coefficientes estructurales	77
3.5.5.	Coefficiente de drenaje.....	79

3.5.6.	Cálculo del número estructural requerido.....	79
3.6.	Estructuras de evacuación de Aguas Pluviales	80
3.6.1.	Cunetas.....	80
3.6.1.1.	Curvas IDF	80
3.6.1.2.	Aporte	82
3.6.1.3.	Método Racional.....	83
3.6.1.4.	Dimensionamiento de la cuneta.....	84
3.6.2.	Alcantarillas de alivio	85
3.6.3.	Cabezales	86
3.6.3.1.	Subdren	86
3.7.	Diseño Geométrico	87
3.7.1.	Alineamiento Horizontal.....	87
3.7.1.1.	Velocidad de diseño	87
3.7.1.2.	Radio mínimo de curva.....	88
3.7.1.3.	Distancia de frenado	90
3.7.1.4.	Distancia de visibilidad en curvas horizontales	91
3.7.1.5.	Distancia de visibilidad lateral.....	91
3.7.1.6.	Distancia de visibilidad de rebasamiento.....	91
3.7.1.7.	Curvas Calculadas.....	92
3.7.2.	Alineamiento Vertical	95
3.7.3.	Sobreancho.....	98
3.7.4.	Peralte	102
3.8.	Señalización	102
3.9.	Presupuesto referencial	103
3.10.	Conclusiones	105
3.11.	Recomendaciones	106
4.	Bibliografía.....	107
4.1.	Anexos	109

Índice de Tablas

Tabla 1 Velocidades de Diseño	8
Tabla 2 Elementos de una curva circular simple.....	10
Tabla 3 Coeficiente de fricción lateral en base a velocidad de diseño.....	13
Tabla 4 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento	15
Tabla 5 Clasificación de Carreteras por TPDA.....	19
Tabla 6 Jerarquía de la Vía.....	19
Tabla 7 Confiabilidad R	28
Tabla 8 Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada	47
Tabla 9 Distancia de visibilidad	49
Tabla 10 Distancia de rebasamiento mínimo	50
Tabla 11 Velocidades del Agua con que se erosionan diferentes materiales.....	58
Tabla 12 Especificaciones de la prueba Proctor Modificada	65
Tabla 13 Resultados de Proctor Modificado	66
Tabla 14 Resultados de CBR	67
Tabla 15 Total de vehículos que ingresan y salen por día, en una semana	68
Tabla 16 Factor semanal correspondiente al presente año.....	69
Tabla 17 Tabla de consumo de combustibles para Azuay 2022.....	69
Tabla 18 Promedio de tráfico semanal observado	70
Tabla 19 Tasa de crecimiento geométrico para Gualaceo	71
Tabla 20 Calculo de TPDA proyectado con tasa poblacional.....	71
Tabla 21 Calculo de factor camion por tipo de vehiculo	72
Tabla 22 Porcentaje de crecimiento por tipo de vehículo	73
Tabla 23 Parámetros de cálculo de ESALS	73
Tabla 24 Calculo de ESALS	74
Tabla 25 Daño relativo del primer tramo	75
Tabla 26 daño relativo del segundo tramo	76
Tabla 27 Confiabilidad Recomendada	76
Tabla 28 desviación normal estándar	76
Tabla 29 Coeficientes estructurales calculados.....	79
Tabla 30 Selección de la Calidad de drenaje	79
Tabla 31 Cálculo de espesores de pavimento flexible (tramo 1)	80
Tabla 32 Cálculo de espesores de pavimento flexible (tramo 2)	80

Tabla 33 Espesores del Pavimento flexible para el proyecto.....	80
Tabla 34 Velocidades de diseño	88
Tabla 35 Valores de diseño recomendado para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción	89
Tabla 36 Coeficiente de fricción en función de velocidad de diseño.....	90
Tabla 37 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento	92
Tabla 38 Curvas horizontales Pt 1	94
Tabla 39 Curvas horizontales Pt 2	94
Tabla 40 Curvas horizontales Pt 3	95
Tabla 41 Reporte curva 1	95
Tabla 42 Reporte curva 2	96
Tabla 43 Reporte curva 3	96
Tabla 44 Reporte curva 4	96
Tabla 45 Reporte curva 5	97
Tabla 46 Reporte curva 6	97
Tabla 47 Reporte curva 7	97
Tabla 48 Reporte curva 8	98
Tabla 49 Reporte curva 9	98
Tabla 50 Reporte curva 10	98
Tabla 51 Presupuesto total del proyecto	104

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación del Cantón	3
Figura 2 Recorridos de las rutas a través del trazado urbano central de la ciudad	5
Figura 3 Comparación entre el casco urbano de Gualaceo y el proyecto	6
Figura 4 Curva generada con el ensayo Proctor	25
Figura 5 Determinación del Módulo Resiliente.....	29
Figura 6 Módulo resiliente del Asfalto	29
Figura 7 Ábaco para el cálculo del coeficiente a2 para Base.....	31
Figura 8 Ábaco para el cálculo del coeficiente a3 para subbase	31
Figura 9 Ábaco para el cálculo del coeficiente a1 para asfalto	32
Figura 10 Calidad del drenaje según exposición a la humedad.....	33
Figura 11 Capas del Pavimento flexible.....	34
Figura 12 Flechas para uso de señales de guía	38
Figura 13 Soporte normal de dos postes - rural.....	38
Figura 14 Señal de advertencia de destino.....	38
Figura 15 Señal de decisión de destino (I1 - 2a).....	39
Figura 16 Señalización Pare (R1-1).....	40
Figura 17 Señalización Doble vía (R2-2).....	40
Figura 18 - Señalización límite máximo de velocidad.....	41
Figura 19 Señalización de Parada de bus	42
Figura 20 Señalización Curva Cerrada	42
Figura 21 Señalización Curva y Contracurva cerrada	43
Figura 22 Señalización Puente Angosto.....	43
Figura 23 Señalización Ancho Máximo	44
Figura 24 Señalización Peatones en la Vía	44
Figura 25 Señalización resalto / reductor de velocidad	44
Figura 26 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta	47
Figura 27 Doble línea continua (línea de barrera)	48
Figura 28 Doble línea mixta: continua y segmentada.....	48
Figura 29 Líneas continuas de borde	51
Figura 30 Línea de pare en intersección con señal vertical de pare	52
Figura 31 Demarcación típica en aproximaciones a resaltos.....	53
Figura 32 Resalto en calzada bidireccional de circulación.....	54
Figura 33 Curvas IDF	56

Figura 34 Dimensiones típicas de cunetas.....	58
Figura 35 Sección Típica de una cuneta.....	59
Figura 36 Coeficientes de escorrentía.....	59
Figura 37 Ubicación del proyecto.....	61
Figura 38 Dron y RTK utilizados.....	62
Figura 39 Nube de puntos densa del Proyecto en Metashape.....	63
Figura 40 Curvas de Nivel en Civil 3D.....	63
Figura 41 Recolección de muestras de suelo.....	64
Figura 42 Ecuación para el cálculo del módulo resiliente.....	75
Figura 43 Ábaco para la determinación del Daño Relativo.....	75
Figura 44 Determinación de coeficiente estructural a1.....	77
Figura 45 Determinación de coeficiente estructural a2.....	78
Figura 46 Determinación de coeficiente estructural a3.....	78
Figura 47 Ecuación de intensidad válida para la cuenca de estudio.....	81
Figura 48 Curvas IDF de la Cuenca del Proyecto.....	81
Figura 49 Ecuación del tiempo de concentración según Kirpich.....	82
Figura 50 Cálculo del tiempo de concentración.....	82
Figura 51 Coeficientes de escorrentía.....	83
Figura 52 Relación de altura y espaciamiento de cuneta.....	84
Figura 53 Vehicle Tracking P1.....	100
Figura 54 Vehicle Tracking P2.....	100
Figura 55 Vehicle Tracking P3.....	100
Figura 56 Vehicle Tracking P4.....	101
Figura 57 Vehicle Tracking P5.....	101
Figura 58 Vehicle Tracking P6.....	101
Figura 59 Excavación de calicata.....	109
Figura 60 Obtención de calicatas.....	109
Figura 61 Estado actual de la vía.....	110
Figura 62 Estado actual de la vía 2.....	110
Figura 63 Estado actual de obras de drenaje.....	111
Figura 64 Inspección de la vía.....	111
Figura 65 Inspección de la vía.....	112
Figura 66 Inspección de la vía.....	112
Figura 67 Inspección de la vía.....	113

Figura 68 Curva crítica del proyecto 113

Figura 69 Curva crítica del proyecto 114

Figura 70 Curva y contracurva crítica del proyecto 114

Figura 71 Curva y contracurva crítica del proyecto 115

Figura 72 Armado de CBR 115

Figura 73 Armado de CBR 116

Figura 74 CBR sumergidos 116

Figura 75 Resultados de ensayos de CBR Calicata 2 25 golpes..... 117

Figura 76 Resultados de ensayos de CBR Calicata 1 56 golpes..... 117

Figura 77 Resultados de ensayos de CBR Calicata 3 25 golpes..... 117

Figura 78 Resultados de ensayos de CBR Calicata 3 12 golpes..... 118

Figura 79 Resultados de ensayos de CBR Calicata 4 56 golpes..... 118

Figura 80 Resultados de ensayos de CBR Calicata 4 25 golpes..... 118

Figura 81 Resultados de ensayos de CBR Calicata 4 12 golpes..... 119

Figura 82 Resultados de ensayos de CBR Calicata 4 12 golpes..... 119

1. CONTENIDO

1.1. Resumen

Actualmente la vialidad juega un rol muy importante en nuestra sociedad, ya que gracias a esta se puede mejorar la calidad de vida de toda una población mejorando la accesibilidad a servicios básicos como salud y educación, pues una buena vialidad permite un mejor acceso a oportunidades laborales y recreativas reduciendo el tiempo de desplazamiento y los costos asociados. Además de que una vía bien diseñada y mantenida reduce significativamente el riesgo de accidentes y mejoran la seguridad de conductores, peatones y ciclistas, fomentando al desarrollo sostenible de ciudades y comunidades rurales.

Por lo expuesto con anterioridad, el presente proyecto de titulación tiene como propósito realizar el diseño geométrico y estructural del pavimento de la vía que conecta las comunidades Nallig y Llintig pertenecientes al cantón Gualaceo, Provincia del Azuay, para brindar una solución a las condiciones deficientes que presenta dicha vía en la actualidad.

Se realizó varias visitas a estas comunidades para poder constatar las condiciones actuales de dicha vía, además se efectuó varios estudios preliminares al diseño como lo son: Conteo de vehículos para determinar un TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual), el levantamiento topográfico del terreno y la toma de muestras in situ para los diferentes ensayos de laboratorio que se realizaron.

El diseño geométrico se llevó a cabo bajo la normativa MTOP y para el diseño de pavimentos se empleó la normativa americana AASHTO 93 (Normativa que es usada en el Ecuador para este tipo de diseños). Una vez se disponga del diseño final se procede a obtener los volúmenes de obra y con ellos poder realizar APUS (Análisis de Precios Unitarios) y obtener un presupuesto referencial de este proyecto.

Palabras Clave: Vía, Diseño geométrico, Diseño estructural, Pavimentos, TPDA, ESALS, CBR, Cunetas.

1.2. Abstract

The role of transportation infrastructure holds significant importance in contemporary society due to its potential to enhance overall quality of life by improving accessibility to essential services such as healthcare and education. Efficient transportation systems not only facilitate improved access to employment opportunities and recreational activities by reducing travel time and associated costs, but also play a crucial role in reducing accident risks and enhancing safety for drivers, pedestrians, and cyclists. This promotes sustainable development in urban and rural areas alike.

In this context, the objective of this thesis is to conduct the geometric and structural design of pavement for the road linking the communities of Nallig and Llintig in the Gualaceo canton, Azuay Province. The primary goal is to address the current suboptimal conditions of this route. The study involved multiple visits to assess the road's condition, and preliminary investigations including vehicle traffic surveys to determine Traffic Average Annual Daily (TPDA), topographical surveys, and on-site sampling for laboratory testing.

Geometric design adhered to MTOP regulations, while pavement design followed the American standard AASHTO 93, commonly applied in Ecuador for such projects. Upon completion of the final design phase, the subsequent steps will involve calculating work volumes and conducting Unit Price Analysis (APUS) to establish a budget estimate for the project.

Keywords: Road, Geometric design, Structural design, Pavements, TPDA, ESALS, CBR, Ditches.

1.3. Introducción

Una carretera es una infraestructura esencial para la movilización y transporte, especialmente diseñada para áreas conocidas como derechos viales. Su principal objetivo es asegurar que los vehículos circulen de manera segura y eficiente en un espacio y tiempo determinados, proporcionando diferentes niveles de seguridad y comodidad.

Los parámetros geométricos juegan un papel crucial en el desarrollo de carreteras, ya que establecen las directrices para garantizar que la vía sea segura, cómoda, estéticamente agradable, funcional y respetuosa con el medio ambiente.

El diseño geométrico de una carretera no solo busca facilitar el flujo vehicular, sino también integrarse de manera armoniosa con el entorno natural y urbano circundante. Esto asegura que la infraestructura vial cumpla con los estándares de calidad y sostenibilidad requeridos en la actualidad.

Una carretera eficaz se define por su diseño geométrico, volumen de tráfico y velocidad operativa adecuada para garantizar movilidad óptima. Debe ser segura mediante un diseño simple y uniforme, reduciendo las aceleraciones de vehículos ajustando curvaturas. Además, debe integrarse estéticamente al paisaje, ofrecer costos mínimos en construcción y mantenimiento, y ser compatible con el medio ambiente, mitigando impactos negativos (Cárdenas Grisales, 2013)

1.4. Problema

Este proyecto aborda diversas problemáticas críticas relacionadas con la vía en análisis.

Actualmente, la vía se encuentra a nivel de lastre, lo que genera una superficie irregular con numerosos baches que afectan negativamente a los vehículos que transitan por ella, causando daños y desgaste prematuro. Además, el diseño actual de la vía incluye curvas extremadamente cerradas y tramos con secciones reducidas, las cuales representan un peligro significativo al aumentar la probabilidad de accidentes de tránsito. Otra preocupación importante es la presencia de tramos con deslizamientos de tierra, que no solo obstruyen el paso, sino que también ponen en peligro la seguridad de los transeúntes y conductores al crear condiciones impredecibles y peligrosas.

Estas características de la vía incrementan el riesgo de accidentes y dificultan el desplazamiento seguro y eficiente de personas y vehículos. Además, los residentes de las comunidades cercanas experimentan molestias debido al polvo excesivo generado por la superficie de lastre actual, el cual se filtra en sus hogares y representa un riesgo para la salud respiratoria. La combinación de una superficie de lastre defectuosa, curvas peligrosas y deslizamientos de tierra no solo compromete la seguridad de los usuarios de la vía, sino que también afecta significativamente la calidad de vida de los residentes locales, ya que, estos últimos dependen de esta conexión para acceder a servicios, empleo y otras actividades esenciales, por lo que la mejora de esta infraestructura es crucial para su bienestar y desarrollo comunitario.

1.4.1. Antecedentes

Gualaceo, cantón oriental de la provincia del Azuay, se encuentra ubicado a una distancia de 35 kilómetros de la capital provincial Cuenca. Limita al norte con los cantones Paute y Guachapala; al este con los cantones El Pan y Limón Indanza.

Figura 1 Ubicación del Cantón



Fuente: (Municipio de Gualaceo, 2021)

Gualaceo es uno de los cantones más grandes del Azuay, de acuerdo con el PDOT de Gualaceo (2021) se obtuvo información que indica la población de cada uno de estos sectores; Nallig cuenta con 502 habitantes mientras que Llintig posee 372 habitantes, entre las dos comunidades se tiene un total de 874 habitantes, para dicha cantidad de población que roza el millar de personas es diario el recorrido que realizan por la vía Nallig - Llintig (Municipio de Gualaceo, 2021).

Según el plan de ordenamiento territorial de Gualaceo del año 2021 “La parroquia rural con mayor autonomía en términos de movilidad es la Parroquia San Juan, en donde el 55% de los viajes originados se distribuyen entre sus asentamientos como Llintig y San Antonio de Ushar” (Municipio de Gualaceo, 2021), con lo que se puede constatar que la vía Nallig – Llintig es bastante ocupada para el transporte de las personas de la zona.

Además de esto se debe tomar en cuenta el aumento de población en este cantón, ya que como dice el PDOT en el censo de 1982, el cantón Gualaceo tenía una población total de 32.213 habitantes; diez años después, en 1990, esta cifra aumentó a 35.586 habitantes, lo que supuso un incremento de 3.373 personas durante ese período; este crecimiento continuó en el siguiente intervalo intercensal, con una población de 38.587 habitantes en 2001 y alcanzando los 42.709 habitantes en 2010, lo que equivale a un aumento del 10,68% en relación con el año 2001; viendo así como este cantón ha sumado alrededor de 10.000 personas a su población.

A consecuencia de lo expuesto anteriormente el aumento del parque automotor en este cantón también ha experimentado crecimiento, es así como una nota del medio (El Mercurio, 2023) el cual expresa que la entidad municipal encargada de la movilidad en el cantón Gualaceo G-MOVEP registró un total de 12.637 vehículos matriculados en el año 2022, esto representa un aumento del 17 % en comparación con el año anterior, 2021, donde se matricularon aproximadamente 10.500 vehículos. Por esta razón la vía Nallig – Llintig es una infraestructura relevante dentro del cantón.

1.4.2. Importancia y Alcances

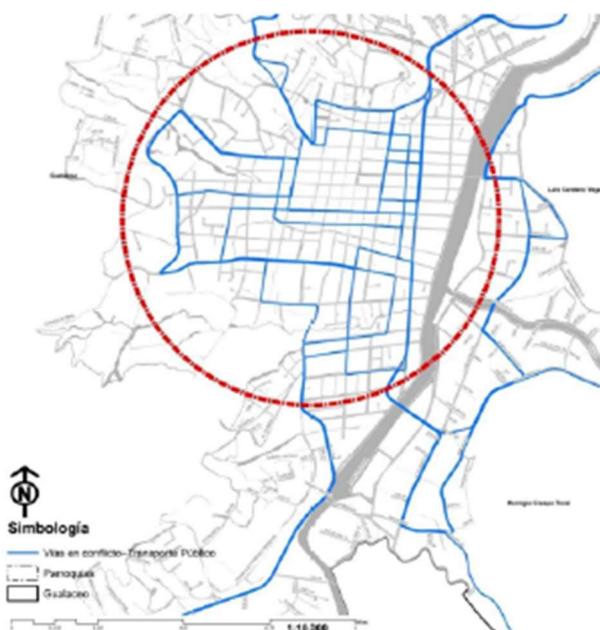
La zona de estudio comprendida por Nallig y Llintig se encuentra dentro de la red vial rural del Gobierno Provincial del Azuay, que abarca un total de 5973.49 km. Dentro de esta red, el 76.39% corresponde a vías a nivel de lastre, lo cual evidencia las condiciones predominantes de la infraestructura. Según el inventario vial, el 62.88% de estas vías se encuentran en estado regular, el 20.96% en estado malo y el 16.16% en estado bueno, reflejando un déficit significativo en la calidad de las vías y aumentando el riesgo de accidentes para los usuarios. (CONGOPE, 2019)

El problema de la infraestructura vial deficiente en las comunidades de Nallig y Llintig presenta una importancia significativa y generalizada para los sectores afectados, así como para las

entidades e instituciones involucradas. Según el Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia del Azuay en el año 2019, Gualaceo poseía una superficie de rodadura en buen estado de aproximadamente 24.72 km de superficie de lastre, contrastado con los 5.93 km que se encontraba con pavimento flexible, es decir el 80.65% de toda la red vial de este cantón no se encuentra con vías a nivel de pavimento (CONGOPE, 2019).

El Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Gualaceo revela la importancia crítica del proyecto, ya que es fundamental para el transporte intracantonal rural. Esto se evidencia en la imagen que muestra los recorridos de las rutas a través del trazado urbano central. La deficiente condición de la vía agrava la situación, convirtiéndola en un problema que requiere atención urgente.

Figura 2 Recorridos de las rutas a través del trazado urbano central de la ciudad



Fuente: (Plan de movilidad del cantón Gualaceo, 2019 - 2028)

La deficiencia en la infraestructura vial de Nallig y Llinting no solo compromete la seguridad de los residentes, sino que también obstaculiza el desarrollo económico al limitar el acceso hacia el centro urbano de Gualaceo, crucial para muchas actividades laborales locales. El

estudio planificado para esta vía tiene como objetivo resolver estos desafíos mediante la planificación y construcción futura.

Esta iniciativa beneficiará no solo a estas comunidades, sino también a toda la ciudad de Gualaceo, mejorando la movilidad diaria de los residentes y promoviendo un entorno más seguro y eficiente. Se espera que este estudio contribuya significativamente a mejorar la infraestructura vial, reduciendo riesgos y mejorando la calidad de vida local, esencial para el desarrollo económico de la región.

1.4.3. Delimitación

El presente proyecto se enfocará en el diseño geométrico y estructural de una carretera que conecta dos comunidades dentro del cantón Gualaceo. Estas comunidades son Nallig y Llintig ubicadas al Sur – Oeste del casco urbano este cantón, ubicado en la provincia del Azuay.

Figura 3 Comparación entre el casco urbano de Gualaceo y el proyecto



Fuente: (Google Earth, 2024)

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Elaborar el diseño geométrico y estructural para la renovación de la red vial que conecta la parroquia Nallig con la Parroquia Llintig, situadas dentro del Cantón Gualaceo, Provincia del Azuay.

1.5.2. Objetivo específico

- Realizar un levantamiento topográfico de la zona de estudio que contemple las condiciones actuales de la vía.
- Determinar las propiedades geomecánicas del suelo a lo largo de toda la zona de estudio para analizar la factibilidad del proyecto.
- Determinar el Trafico Promedio Diario Anual (TPDA) para el diseño vial.
- Elaborar el diseño geométrico vertical y horizontal, así como el análisis estructural para la carpeta asfáltica pertinente en el diseño.
- Diseñar las estructuras de evacuación de aguas lluvias (cunetas).
- Diseñar la señalización horizontal y vertical, con el fin de promover la seguridad vial, para conductores y peatones del sector.

2. Marco Teórico

Tener una base conceptual sólida es crucial para explorar las variables e influencias que se deben considerar en el diseño vial, haciendo que el mismo sea sustentable para ser realizado. A continuación, se abordará conceptos generales relevantes para este propósito.

2.1. Carreteras

Es un término el cual se utiliza para referirse a un tipo de camino por el cual se permite el tránsito de vehículos, peatones u otros medios de transporte, su propósito es facilitar el desplazamiento de personas y productos o bienes de un lugar a otro. El transporte por carretera en la actualidad es esencial para mejorar la calidad de vida en la mayoría de las sociedades. Actualmente, es crucial no solo construir nuevas infraestructuras, sino también diseñarlas de tal manera que aseguren una vida útil prolongada.

2.2. Diseño Geométrico

El proceso de diseño geométrico implica la definición de todas las características de la estructura vial en tres dimensiones: plano, perfil y sección transversal, así como las facilidades de circulación y los elementos necesarios para la seguridad vial. Estas características están relacionadas con la función jerárquica de la vía dentro de la red, las condiciones de los usuarios, las características de los vehículos y los requisitos geométricos de las vías, los cuales se determinan en base al volumen de tráfico y al nivel de servicio proyectado para un año determinado en el futuro. (MTO, 2003)

2.2.1. Velocidad de diseño

Es la velocidad máxima segura para que los vehículos circulen en una carretera bajo condiciones atmosféricas y de tráfico favorables. Esta velocidad se determina considerando las características físicas y topográficas del terreno, la importancia de la carretera, los volúmenes de tráfico y el uso del suelo, buscando alcanzar el máximo nivel de seguridad, eficiencia, fluidez y movilidad vehicular posible. Esta velocidad guía el diseño geométrico de la carretera, incluyendo su alineamiento horizontal y vertical. (MTO, 2003)

Tabla 1 Velocidades de Diseño

CATEGORIA DE LA VIA	TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H	
		BASICA	PERMISIBLE EN TRAMOS DIFICILES

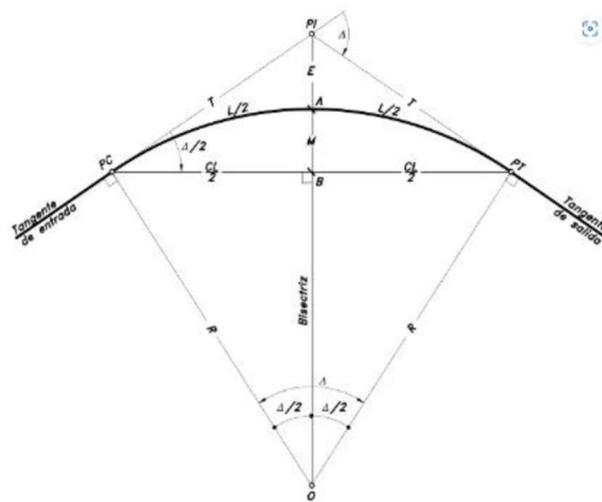
			RELIEVE LLANO				RELIEVE ONDULADO				RELIEVE MONTANOSO			
			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
					Recomendada	Absoluta			Recomendada	Absoluta			Recomendada	Absoluta
R-I o R-II(TIPO)	>8000	120	110	100	96	110	90	95	85	90	80	90	90	
I	TODOS	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	80	80	
II	TODOS	1000-8000	100	90	90	86	90	80	85	80	70	50	70	50
III	TODOS	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	5.5E, 6 y 7	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 y 4E	<100	60	50	80	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.2.2. Alineamiento Horizontal

El alineamiento horizontal se refiere a la representación del eje de la carretera sobre un plano horizontal. Esta proyección incluye las tangentes y las curvas, que pueden ser circulares o de transición. En un segmento recto, la proyección define la tangente, mientras que la conexión entre dos tangentes con diferentes direcciones se realiza mediante una curva. El diseño del alineamiento horizontal está determinado por factores como la topografía y las características hidrológicas del terreno, las condiciones del drenaje, las características técnicas de la subrasante y el potencial de los materiales disponibles en la zona.

Ilustración 1 Elementos de una curva circular simple



Fuente: (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2013)

Donde:

Tabla 2 Elementos de una curva circular simple

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
PI	Punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva
PC	Principio de curva: punto donde termina la tangente y empieza la curva.
PT	Principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.
O	Centro de la curva circular
Δ	Ángulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal.
R	Radio de curva circular simple
T	Tangente o sub tangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT
L	Longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas.
CL	Cuerda Larga: distancia en línea recta desde el PC al PT

Fuente: (Cárdenas, Diseño Geométrico de Carreteras, 2013)

2.2.3. Alineamiento Vertical

El perfil vertical de una carretera es fundamental y posee una importancia comparable a la del alineamiento horizontal. Debe estar directamente vinculado con la velocidad de diseño, las curvas horizontales y las distancias de visibilidad para asegurar un desempeño seguro y eficiente de la vía. El perfil vertical no debe ser comprometido en favor de mejorar el

alineamiento horizontal; ambas dimensiones deben ser equilibradas y optimizadas para garantizar la seguridad y funcionalidad del camino. Sacrificar el perfil vertical para obtener un mejor alineamiento horizontal puede resultar en problemas significativos de seguridad y confort para los usuarios de la carretera. Por lo tanto, es crucial diseñar ambos aspectos de manera que se complementen y no se reduzca la calidad de uno en beneficio del otro. (MTOP, 2003)

2.2.4. Peralte

El peralte en las curvas horizontales mejora la comodidad y seguridad del vehículo en tránsito. Sin embargo, el ángulo del peralte no debe exceder ciertos límites, ya que un peralte excesivo puede causar que el vehículo se deslice hacia el interior de la curva a baja velocidad. Debido a estas limitaciones prácticas, el peralte no puede compensar por completo la fuerza centrífuga en curvas pronunciadas. Por ello, es necesario contar con fricción adicional, que, junto con el peralte, evita el deslizamiento lateral del vehículo, aumentando el rozamiento lateral. (MTOP, 2003)

$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f$$

Donde:

$$V = \text{Velocidad de diseño, } \frac{Km}{h}$$

$$R = \text{Radio de la curva, } m.$$

$$f = \text{Máximo coeficiente de fricción lateral}$$

2.2.5. Radio Mínimo de Curvatura

El radio mínimo de la curvatura horizontal es el valor más bajo que asegura la seguridad del tránsito a una velocidad de diseño específica, considerando el peralte máximo (e) seleccionado

y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. Utilizar curvas con radios menores al mínimo establecido requerirá peraltes que excedan los límites prácticos de operación de los vehículos. Por lo tanto, la curvatura es un factor crucial en el diseño del alineamiento vial.

$$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)}$$

Donde:

R = Radio mínimo de curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, $\frac{Km}{h}$.

f = Coeficiente de fricción lateral

e = Peralte de la curva, $\frac{m}{m}$.

2.2.6. Coeficiente de fricción lateral

El coeficiente de fricción lateral es un parámetro que indica la fuerza que ejerce el neumático del coche en contacto con el pavimento cuando gira. Este coeficiente es importante para la seguridad vial, porque varía según las condiciones del pavimento y afecta directamente la capacidad del vehículo para girar de manera segura y controlada. En el diseño de carreteras, se utiliza para determinar el radio mínimo de la parte vertical que permite al vehículo mantener la estabilidad y el control durante los giros, especialmente a determinadas velocidades.

Tabla 3 Coeficiente de fricción lateral en base a velocidad de diseño

Velocidad de Diseño km/h	"f" maximo	RADIO MINIMO CALCULADO				RADIO MINIMO RECOMENDADO			
		e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04
20	0.350		7.32	7.58	8.08		18	20	20
25	0.315		12.48	13.12	13.66		20	25	25
30	0.284		19.47	20.50	21.67		25	30	30
35	0.255		26.79	30.02	32.7		30	35	35
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	40	50
45	0.200		55.75	59.94	64.82		58	60	65
50	0.165		72.91	78.74	86.69		75	80	90
60	0.185	105.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.35	187.75	189.73	203.07	160	170	185	205
80	0.140	209.97	229.95	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.55	298.94	328.70	366.55	275	300	330	320
100	0.130	342.35	374.95	414.42	465.16	350	375	415	465
110	0.124	425.34	467.94	517.80	550.95	430	470	520	585
120	0.120	515.39	588.93	629.92	708.85	520	570	630	710

Fuente: (MTOPI, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.2.7. Distancia de frenado

Se define como el trayecto que recorre un vehículo desde el momento en que el conductor identifica la necesidad de detenerse hasta que logra completar la detención. Esta medida está condicionada por varios factores como la velocidad del vehículo, las condiciones del pavimento y la efectividad del sistema de frenos. El propósito de estas regulaciones es establecer estándares mínimos que aseguren la seguridad en las vías, por lo que es fundamental que los conductores comprendan y cumplan con estas normativas ajustando su manera de conducir en consecuencia. (MTOPI, 2003)

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

Donde:

$$f = \text{Coeficiente de fricción}$$

$$G = \text{Porcentaje de pendiente, positiva de ascenso (+) y negativa (-) de bajada}$$

$$V = \text{Velocidad inicial, } \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

2.2.8. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

“La existencia de obstáculos laterales, tales como murallas, taludes en corte, edificios, etc., sobre el borde interno de las curvas, requiere la provisión de una adecuada distancia de visibilidad.” (MTOPI, 2003)

$$m = Rc * \left(1 - \cos \left(\frac{28,65 * Dp}{Rc} \right) \right)$$

Donde:

$Rc =$ Radio de curva critico

$Dp =$ Distancia de frenado

2.2.9. Distancia de visibilidad lateral

En vías y en intersecciones con otras carreteras y vías férreas, es crucial mantener una distancia de visibilidad lateral adecuada para garantizar la seguridad del tráfico. Esto implica que los conductores deben poder anticiparse con suficiente antelación para ver a personas que puedan cruzar desde la acera a la calzada, o vehículos y trenes que se aproximen en las intersecciones. La distancia mínima requerida para esta visibilidad lateral se determina mediante una fórmula específica. (MTOPI, 2003)

$$dL = \frac{V_T}{V_V} * d$$

Donde:

$V_T =$ Velocidad de transeunte promedio (se asume como $10 \frac{Km}{h}$)

$V_V =$ Velocidad de diseño del vehciulo, $\frac{Km}{h}$

$d =$ Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, m

2.2.10. Distancia de rebasamiento

Es denominada como la distancia necesaria para realizar un rebasamiento se determina según la longitud de la carretera requerida para llevar a cabo esta maniobra de manera segura. Aunque es posible que ocurran varios rebasamientos simultáneos, no es práctico considerar esta situación; generalmente se analiza el escenario en el que un vehículo rebasa a otro a la vez. Normalmente, los valores de diseño para el rebasamiento son suficientes para permitir ocasionalmente múltiples rebasamientos. Para calcular la distancia mínima necesaria para rebasar en carreteras de dos carriles.

Tabla 4 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento

V_D , Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.2.11. Sobre anchos de curva

El sobreancho en curvas horizontales se implementa para facilitar el tránsito seguro y cómodo de vehículos. Se justifica por dos razones principales: primero, porque los vehículos ocupan un

ancho mayor al girar, dado que las ruedas traseras siguen una trayectoria más interior que las delanteras y el extremo delantero sigue una trayectoria exterior. Segundo, los conductores encuentran dificultades para mantenerse en el centro del carril debido a la percepción limitada de la posición relativa de su vehículo dentro de la curva, problema que se agrava con la velocidad, pero mejora con radios de curvatura mayores. (MTOPI, 2003)

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

Donde:

n = numero de carriles

R = Radio de la curva, m

L = Distancia entre parte frontal de vehiculo de diseno y su eje trasero

V = Velocidad de diseno

2.3. Tránsito

Se refiere al movimiento de vehículos que pasan por una vía o una carretera u otro tipo de camino (Porto & Gardey, 2022). Determinar los volúmenes de tránsito es de gran importancia para este proyecto, pues este servirá para dimensionar el tamaño y los componentes de la vía, de manera que se encuentren ajustados para el tipo de flujo vehicular de la zona de estudio.

2.3.1. TPDA

Este término se utiliza para describir la cantidad promedio de vehículos que pasan por una carretera o una sección de esta durante un año completo. Es una medida importante para evaluar el volumen de tráfico en una determinada vía y se utiliza en el diseño, mantenimiento y

planificación de infraestructuras viales. Este factor se determina mediante la fórmula otorgada por la norma de diseño geométrico de vías MTOP 2003.

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM$$

Donde:

$$T_0 = \text{tráfico observado}$$

2.3.2. Tráfico futuro

La estimación del volumen y la composición del tráfico se fundamenta en la situación actual del tráfico. Los planes se elaboran considerando una proyección del tráfico a largo plazo, generalmente de 15 a 20 años, teniendo en cuenta el crecimiento habitual del tráfico, el tráfico generado y el aumento debido al desarrollo urbano. Estas proyecciones del tráfico son esenciales para la categorización de las vías y juegan un papel crucial en la determinación de la velocidad de diseño y otros parámetros geométricos del proyecto. (MTOP, 2003)

$$Tf = T_a * (1 + i)^n$$

Donde:

$$T_a = TPDA$$

$$i = \text{Tasa de crecimiento poblacional}$$

$$n = \text{Años a proyectar}$$

2.3.3. Factor Horario

“Nos permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a VOLUMEN DIARIO PROMEDIO.” (MTOP, 2003)

2.3.4. Factor Diario

“Permite transformar el volumen de tráfico diario promedio en VOLUMEN SEMANAL PROMEDIO.” (MTO, 2003)

2.3.5. Factor Semanal

“Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en VOLUMEN MENSUAL PROMEDIO.” (MTO, 2003)

2.3.6. Factor mensual

“Transforma el volumen mensual promedio de tráfico en TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA).” (MTO, 2003)

2.3.7. ESALS

El comportamiento del pavimento varía según las cargas transmitidas, las cuales dependen del número de ejes y su peso. Para ajustar esta variabilidad, el volumen de tráfico se convierte en un número equivalente de ejes de una carga estándar. Este método asegura que el daño al pavimento sea equivalente al causado por toda la composición del tráfico. (AASHTO, 1993)

2.3.8. Factores de carga equivalente (LEF)

“El factor equivalente de carga o LEF es un valor numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por una dada carga de un tipo de eje y la producida por el eje estándar de 80 KN en el mismo eje.” (AASHTO, 1993)

$$LEF = \frac{\text{No. de ESALS de 80 KN que producen una pérdida de serviciabilidad}}{\text{No. de ejes de } x \text{ KN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

2.3.9. Factor camión

“Se define como el número de ESALS por vehículo. Este factor de carga puede ser calculado para cada categoría general de camiones o como un promedio para todos los vehículos

comerciales según una configuración de tráfico específica. Es más preciso considerar factores de carga individuales para cada categoría general de camiones.” (AASHTO, 1993)

2.3.10. Clasificación de carreteras por Volumen de Tránsito

En base al Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2003) las vías se pueden clasificar en diferentes clases dependiendo su volumen de tránsito expresado en el TPDA de cada una de estas.

Tabla 5 Clasificación de Carreteras por TPDA

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 de 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.3.11. Clasificación de vías por su Función

Para el diseño de una vía se debe conocer el tipo de clasificación que estas tienen, estas se clasifican en base según a su importancia con relación al TPDA y en base a su función, con esto se puede determinar la jerarquía de la vía y así tener presente en el diseño el crecimiento del tráfico.

Tabla 6 Jerarquía de la Vía

Función	Tipo de carretera	TPDA Obtenido
Corredor Arterial	RI-RIII	>8000
	I	3000-8000
Colectora	II	1000-3000
	III	300-1000
Vecinal	IV	100-300
	V	<100

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.3.11.1. Corredores Arteriales

Son los caminos de alta jerarquía funcional, que conectan las capitales provinciales con el continente, así como los principales puertos marítimos y pasos fronterizos utilizados para viajes de larga distancia. Estos caminos deben tener características como alta movilidad, acceso controlado o limitado a lo largo de su trayectoria, giros y maniobras regulados, y estándares geométricos apropiados para asegurar una operación de tráfico segura y eficiente. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

2.3.11.2. Vías Colectoras

Son los caminos de mediana jerarquía funcional, este camino tiene la función de captar el tráfico procedente de zonas rurales o regionales que llega a través de vías locales, con el propósito de dirigirlo hacia la red principal o esencial de corredores viales. Estos caminos se emplean para facilitar el tránsito de trayectos intermedios o regionales, y deben cumplir con estándares geométricos adecuados para cumplir eficazmente esta función. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

2.3.11.3. Caminos Vecinales

Estas vías son las carreteras convencionales que incluyen a todos los caminos rurales no incluidos en las denominaciones anteriores, destinadas a recibir el tráfico doméstico de poblaciones rurales, zonas de producción agrícola, entre otras. (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013)

2.3.12. Tipos de terreno

La topografía desempeña un papel crucial en la ubicación física de una vía, ya que influye en su alineamiento horizontal, pendientes, visibilidad y secciones transversales (MTOP, 2013). La

normativa para estudios y diseños viales (NEVI – 12, volumen 2) clasifica a los terrenos en función de la topografía, esto en cuatro categorías:

2.3.12.1. Terreno plano

Las pendientes transversales de la vía son inferiores al 5%, lo que implica que se requiere un mínimo movimiento de tierras durante la construcción de carreteras. Además, el trazado y la explanación no presentan dificultades, lo que resulta en pendientes longitudinales de las vías inferiores al 3%.

2.3.12.2. Terreno ondulado

Esta vía se distingue por presentar pendientes transversales que oscilan entre el 6% y el 12%. Esto implica un movimiento moderado de tierras, lo que facilita la creación de trazados relativamente rectos sin dificultades significativas en la explanación. Además, las pendientes longitudinales suelen situarse típicamente entre el 3% y el 6%.

2.3.12.3. Terreno montañoso

Las pendientes transversales de la vía suelen variar entre el 13% y el 40%. La construcción de carreteras en estas condiciones implica considerables movimientos de tierra y posiblemente la construcción de puentes y otras estructuras para superar el terreno montañoso, lo que dificulta el trazado y la explanación. Además, es frecuente encontrar pendientes longitudinales en las vías que oscilan entre el 6% y el 8%.

2.3.12.4. Terreno escarpado

Las pendientes transversales del terreno con frecuencia superan el 40%. Para la construcción de carreteras, se requiere un movimiento considerable de tierras, enfrentándose a numerosas dificultades en el trazado y la explanación, esto se debe a que los alineamientos están determinados por las divisorias de aguas a lo largo del recorrido de la vía. Por consiguiente,

abundan las pendientes longitudinales superiores al 8%, lo que obliga al diseñador a considerar la construcción de puentes, túneles y otras estructuras para sortear los desniveles del terreno.

2.4. Suelo

Se refiere a una parte del terreno sobre el cual se asientan y desarrollan las obras de ingeniería y construcción, pues proporciona la base y el soporte para cualquier infraestructura desde edificios y carreteras hasta puentes y túneles, jugando un papel crucial en aspectos como la estabilidad estructural, la capacidad de carga y la interacción con el entorno natural circundante. (Concepto.de, 2021)

2.5. Topografía

Se conoce con este nombre a la “disciplina o técnica que se encarga de describir de manera detallada la superficie de un determinado terreno” (Pérez Porto & Merino, 2021), esta se utiliza extensamente en el campo de la ingeniería civil para llevar a cabo la planificación, diseño y construcción de obras civiles de manera precisa, gracias a que proporciona datos exactos sobre la forma y características del terreno, lo que resulta fundamental en cada etapa del proyecto.

2.5.1. Estudio topográfico RTK

RTK, acrónimo de Real Time Kinematic (Posicionamiento Cinemático en Tiempo Real), representa la evolución de los sistemas de posicionamiento global (GPS). Este sistema ofrece una precisión posicional del orden de centímetros, esencial para una amplia gama de aplicaciones, destacando especialmente en topografía y en otros campos donde se requiere una ubicación precisa en tiempo real. (Geometer - Agricultura de precisión y GNSS para industrias, 2024)

2.5.2. Estudio topográfico con Fotogrametría

“La fotogrametría es la técnica cuyo fin es estudiar y definir con precisión la forma, dimensiones y posición en el espacio de un objeto cualquiera, utilizando esencialmente medidas hechas sobre una o varias fotografías de ese objeto” (Instituto Geográfico Nacional, s.f.). Estas mediciones se generalmente se hacen mediante Dron.

2.5.3. Dron

“Un dron es un vehículo aéreo no tripulado, es decir, que es un tipo de aeronave que es capaz de desplazarse por el aire sin que haya un piloto a bordo” (UMILES , 2023). Esto facilita la realización de vuelos destinados a inspección y topografía, algunos de estos dispositivos incorporan un sistema de posicionamiento RTK en red que es compatible con las estaciones de monitoreo del IGM.

2.5.4. Agisoft Metashape

Agisoft Metashape es un “software independiente que realiza el procesamiento fotogramétrico de imágenes digitales y genera datos espaciales en 3D para su uso en aplicaciones SIG y producción de efectos visuales, así como para mediciones indirectas de objetos de diversas escalas” (Argisoft, 2024).

2.6. Normativa Técnica

Una norma técnica es un documento que, mediante consenso y aprobación por parte de un organismo reconocido, define las condiciones mínimas que un producto, proceso o servicio debe cumplir para ser adecuado a su propósito previsto de uso, por ende, existen varias normativas en el ámbito de la ingeniería civil que regulan procesos constructivos, administrativos, etc.

Las organizaciones más importantes y reconocidas en este campo son el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales

(ASTM), Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).

2.7. AASHTO 93

Las normas AASHTO son estándares y especificaciones técnicas para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, puentes y otras infraestructuras de transporte. Establecidas por la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transportes Estatales (AASHTO), estas normas garantizan calidad, seguridad y uniformidad en los proyectos de ingeniería civil relacionados con el transporte. Facilitan la operabilidad de las vías y optimizan recursos, minimizando riesgos para lograr infraestructuras duraderas y sostenibles. (ASTM INTERNATIONAL, 2024)

2.8. Geotecnia

La Geotecnia es la ciencia que estudia y desarrolla técnicas para construir sobre el suelo. Se enfoca en la composición y propiedades del suelo para entender cómo los suelos reaccionan a factores que pueden ser cruciales para prevenir colapsos o deslizamientos de tierra (GeoBiental, 2024). Esta ciencia se realiza mediante estudios de suelos.

2.9. Estudios Geotécnicos

Un estudio geotécnico implica una evaluación técnica del suelo en un lugar específico, utilizando una variedad de ensayos especializados para determinar las características del suelo relevantes para el tipo de estructura que se pretende construir.

2.9.1. Ensayo de Granulometría

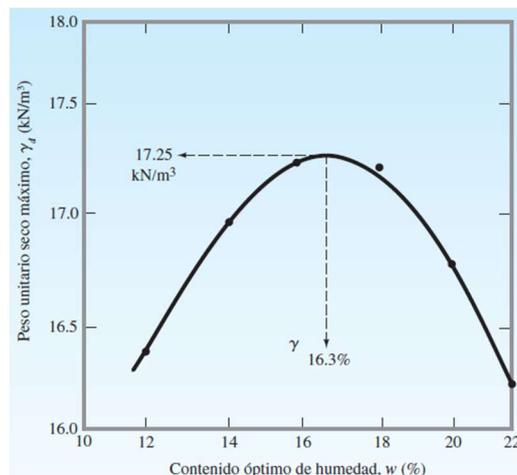
La granulometría es el método utilizado para investigar y comprender el tamaño de las partículas y sedimentos en una muestra, y para evaluar su relevancia dentro de la fracción de suelo que representan. Este análisis se lleva a cabo mediante tamizado dependiendo del tamaño

de las partículas. Para separar el material, se emplea una serie de tamices con fracciones de tamaño decreciente (COTECNO, 2024). Para la ejecución de este ensayo es necesario seguir el procedimiento de la normativa ASTM D-422.

2.9.2. Ensayo de Proctor Estándar y Proctor Modificado

Tanto el ensayo Proctor Estándar como el ensayo Proctor Modificado sirven para determinar el grado de compactación óptima de un suelo, junto con su humedad óptima para lograr dicho objetivo, este ensayo se lleva a cabo dejando caer un martillo apisonador con un peso normado en capas del suelo a ensayar puestas en un molde cilíndrico normado, la diferencia entre estas pruebas son la energía de compactación (el peso del martillo) y el volumen del molde. Para la ejecución de este ensayo es necesario seguir el procedimiento de la normativa ASTM D-698.

Figura 4 Curva generada con el ensayo Proctor



Fuente: (Braja M Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta edición, 2013)

2.9.3. Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio)

El ensayo CBR se utiliza para evaluar la capacidad de carga de terrenos compactados, como terraplenes, capas de firme y explanadas, así como para clasificar terrenos. Esta prueba implica la compactación de una muestra de suelo en moldes normalizados, sumergiéndolos en agua y

aplicando una carga sobre la superficie del suelo mediante un pistón normalizado. Para la ejecución de este ensayo es necesario seguir el procedimiento de la normativa ASTM D-1883.

2.10. Pavimentos

Un pavimento se compone de varias capas horizontales superpuestas, diseñadas y construidas con materiales adecuados y compactados de forma precisa. Estas capas descansan sobre la subrasante, una base preparada mediante movimientos de tierra durante la construcción. El objetivo de estas capas estratificadas es soportar las cargas repetitivas del tráfico a lo largo de la vida útil prevista del pavimento. (Montejo, 2002)

2.10.1. Pavimentos flexibles

Este tipo de pavimentos está compuesto por una capa de mezcla bituminosa llamada carpeta asfáltica que se asienta típicamente sobre dos capas flexibles: la base y la subbase.

2.10.1.1. Base

La base granular cumple un papel crucial en los pavimentos, siendo fundamentalmente responsable de resistir y distribuir eficazmente las cargas del tránsito hacia la subbase y la subrasante de manera adecuada. Además, desde una perspectiva económica, su función es similar a la de la subbase en relación con la base asfáltica, optimizando la distribución de materiales de calidad para mantener la integridad estructural del pavimento de manera eficiente. (Montejo, 2002)

2.10.1.2. Subbase

La subbase granular despliega varias funciones clave en los pavimentos: en términos económicos, se enfoca en optimizar el uso de materiales, priorizando capas superiores con materiales de mayor calidad y colocando capas inferiores más económicas sin comprometer la resistencia global del pavimento. Actúa también como capa de transición, evitando la

contaminación de la base por materiales finos de la subrasante y reduciendo deformaciones volumétricas provocadas por cambios de contenido de agua o temperaturas extremas. Además, debe resistir y distribuir eficientemente las cargas vehiculares hacia la subrasante, y contribuir al drenaje adecuado del agua superficial para evitar la ascensión capilar y preservar la estabilidad del pavimento. (Montejo, 2002)

2.10.1.3. Carpeta Asfáltica

Esta tiene varias funciones esenciales en los pavimentos: en primer lugar, debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme y estable, con una textura y color adecuados, capaz de resistir los efectos abrasivos del tránsito vehicular. Además, debe ser impermeable para evitar la infiltración de agua al interior del pavimento, lo cual contribuye a su durabilidad. Finalmente, su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento, asegurando que pueda soportar las cargas dinámicas y estáticas durante su vida útil. (Montejo, 2002)

2.10.2. Pavimento Rígido

Se caracterizan por su estructura compuesta principalmente por losas de hormigón, las cuales descansan sobre la subrasante o una capa de material seleccionado conocida como subbase. Debido a la alta rigidez y al elevado coeficiente de elasticidad del hormigón, los esfuerzos se distribuyen ampliamente. Además, la capacidad del hormigón para resistir esfuerzos de tensión permite un comportamiento satisfactorio del pavimento, incluso en presencia de áreas débiles en la subrasante. La resistencia estructural de un pavimento rígido está determinada principalmente por la resistencia de las losas de hormigón, siendo menos influenciada por el soporte de las capas subyacentes en el diseño del espesor del pavimento. (Montejo, 2002)

2.11. Diseño de Pavimentos Flexibles

El Método AASHTO de 1993 establece los procedimientos para el diseño de pavimentos de carreteras, tanto flexibles como rígidos. En el caso de pavimentos flexibles, se recomienda

limitar el tratamiento de las superficies de rodadura a hormigón asfáltico y tratamientos superficiales, dado que la estructura debe soportar un alto volumen de tráfico (más de 50.000 vehículos equivalentes de carga de 8,2 toneladas).

2.11.1. Confiabilidad R

El parámetro de confiabilidad "R" implica ciertos niveles de certeza en los diseños para asegurar que las estructuras finales perduren durante los períodos de diseño especificados.

Por ello la AASHTO recomienda el uso de niveles de confiabilidad en base al tipo de camino y la zona en donde se ubicará.

Tabla 7 Confiabilidad R

Tipo de Camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona RURAL
Rutas interestatales y autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

2.11.2. Módulo Resiliente

Los módulos resilientes son utilizados para saber las propiedades de los suelos base, es decir, la base de la carretera. Estos datos son cruciales para determinar las condiciones de la subrasante sobre el cual se colocará el revestimiento, lo que permite estimar los espesores adecuados de las capas de pavimento. El método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles incluye relaciones entre el módulo resiliente "Mr" y el CBR especialmente relevante en países donde no se dispone del equipo necesario para determinar el módulo de elasticidad (AASHTO, 1993).

Figura 5 Determinación del Módulo Resiliente

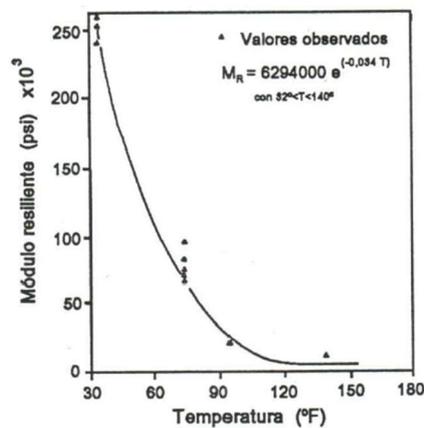
$$\begin{array}{ll} \text{MR} = 1500(\text{CBR}) & \text{CBR} < 10\% \\ \text{MR} = 3000(\text{CBR})^{0.65} & 10\% < \text{CBR} < 20\% \\ \text{MR} = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241 & \text{Suelos granulares} \end{array}$$

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

2.11.3. Módulo resiliente de la carpeta asfáltica

Este parámetro es calculado mediante un ábaco presente en la normativa AASHTO 93 en donde correlaciona la temperatura del Asfalto frente a su módulo resiliente.

Figura 6 Módulo resiliente del Asfalto



Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

2.11.4. Número Estructural

Con este método, se asigna a cada capa del pavimento un coeficiente necesario para la construcción de pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten transformar los espesores reales en números de estructura (SN), que representan la capacidad relativa de cada material para contribuir a la estructura del pavimento. Según el tipo y características de cada capa (carpeta asfáltica, base y subbase), el método define tres clases de estos coeficientes (a_1 , a_2 , a_3), los cuales se determinan mediante ecuaciones específicas.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3$$

Donde:

- a_1 = Coeficiente estructural del asfalto
- a_2 = Coeficiente estructural de la Base granular
- a_3 = Coeficiente estructural de la Subbase
- D_n = Espesores de las respectivas capas

2.11.5. Determinación de números estructurales

Según la (MOP , 2002), se recomienda utilizar un CBR mayor o igual al 30% para determinar los módulos resilientes de la subbase, utilizando el ábaco de la AASHTO para estimar estos valores además de los coeficientes estructurales correspondientes. De manera similar, para los cálculos de la base, se sigue el criterio propuesto por la MOP, que también sugiere el uso de un CBR mayor o igual al 80%, utilizando los ábacos propuestos por la AASHTO.

Por otra parte, para el cálculo del coeficiente estructural del asfalto se determina mediante la siguiente fórmula:

$$a_1 = 0.184 * \ln(Mr) - 1.9547$$

Donde:

- a_1 = Coeficiente estructural del asfalto
- Mr = Módulo de resiliencia del asfalto

Figura 7 Ábaco para el cálculo del coeficiente a2 para Base

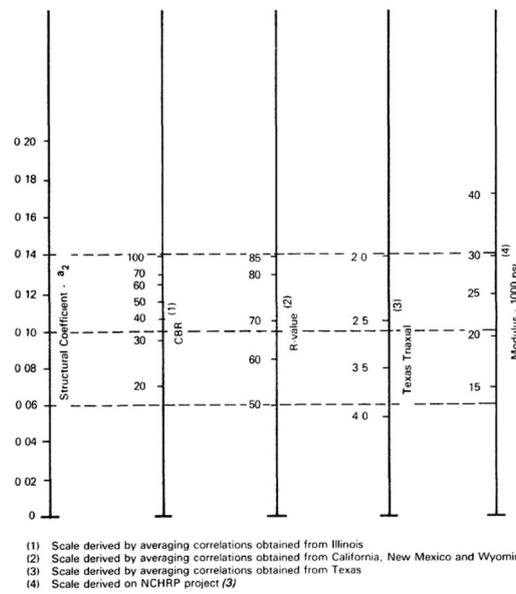


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

Figura 8 Ábaco para el cálculo del coeficiente a3 para subbase

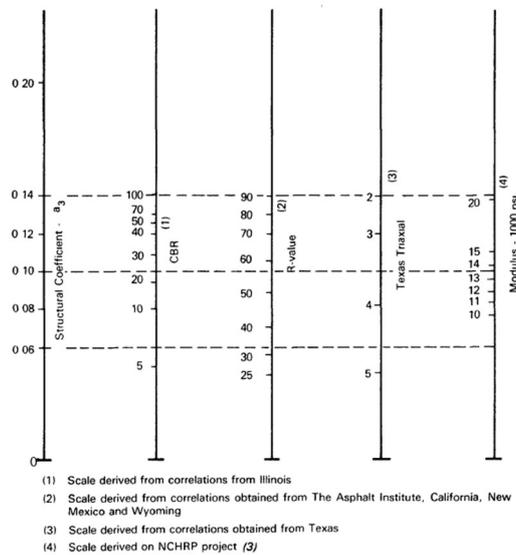
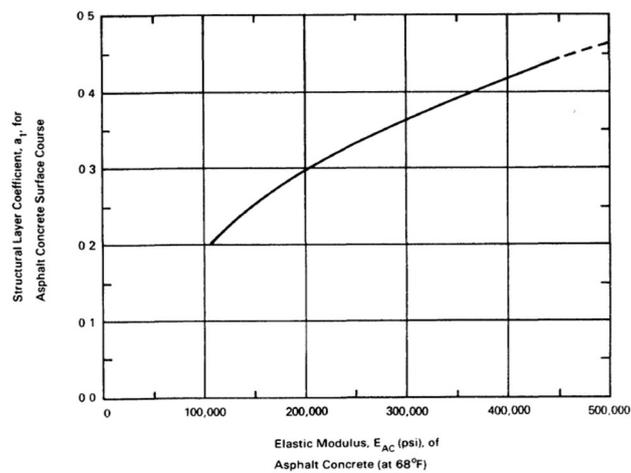


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

Figura 9 Ábaco para el cálculo del coeficiente a_1 para asfaltoFigure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (E)

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

2.11.6. Pérdida de serviciabilidad

La serviciabilidad de los pavimentos se define como su capacidad para adaptarse al flujo vehicular que lo utiliza. La medida más efectiva para evaluar esto es mediante el uso de índices de servicio actual (PSI). Los criterios básicos de diseño consideran los aspectos operativos y de mantenimiento, permitiendo diseñar los pavimentos al término de ciclos de diseño, según los volúmenes de tráfico determinados y el nivel mínimo requerido de operación (Montejo, 2002).

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

- ΔPSI = Índice de serviciabilidad
- P_o = Serviciabilidad Inicial
- P_t = Serviciabilidad Final

2.11.7. Características del drenaje

Más allá de la prioridad que se le da al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos actuales de pavimentación a menudo incorporan subrasantes con baja permeabilidad. Esta práctica permite la flexibilidad de decidir el nivel deseado de capacidad de drenaje que debe alcanzarse bajo condiciones específicas de diseño. Por ello la AASHTO recomienda ciertos valores recomendados en base a la calidad del Drenaje que se posee.

Figura 10 Calidad del drenaje según exposición a la humedad

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

2.11.8. Diseño Estructural

Según la (AASHTO, 1993) el siguiente método se puede aplicar a carreteras con más de 50.000 vehículos equivalentes de carga de 8,2 toneladas, en donde la ecuación para el diseño del pavimento flexible viene determinada por la siguiente expresión:

$$\text{Log } W_{18} = ZR * S_o + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \left(\frac{1.094}{(SN + 1)^{5.19}}\right)} + 2.32 \text{Log}(Mr) - 8.07$$

Donde:

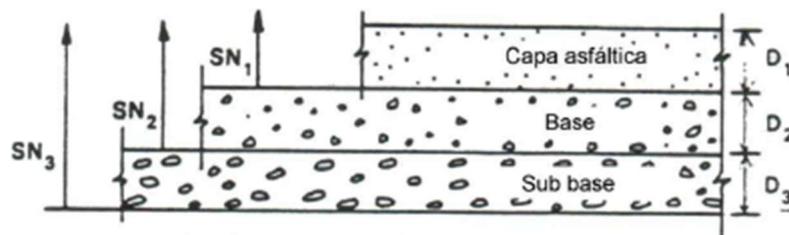
- W_{18} = Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas
- ZR = Desviación estándar normal
- S_o = Error estándar combinado de la predicción del tránsito y de la predicción del comportamiento

- ΔPSI = Diferencias entre los índices de serviciabilidad.
- M_r = Módulo resiliente
- SN = Número estructural

2.11.9. Análisis de espesores

Primero, se debe calcular el número estructural (SN) requerido para la subrasante. Del mismo modo, se deben determinar los SN necesarios para las subcapas y capas base, utilizando los valores de resistencia pertinentes en cada caso. Luego, se determinan los espesores máximos permitidos para cada capa en base a la diferencia entre el SN calculado necesario y el SN actual. Estos espesores deben cumplir con las condiciones propuestas para garantizar la adecuada capacidad estructural del pavimento. (Montejo, 2002)

Figura 11 Capas del Pavimento flexible



Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

$$D_1' \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1' = a_1 D_1' > SN_1$$

$$D_2' \geq \frac{SN_2 - SN_1'}{a_2 m_2}$$

$$SN_1' + SN_2' \geq SN_2$$

$$D_3' = \frac{SN_3 - (SN_1' + SN_2')}{a_3 m_3}$$

2.12. Señalización Vertical

Para garantizar la seguridad en las vías, es fundamental que se encuentren presente en las vías señalización que sigan un modelo estándar de indicación. Esto permite que el tráfico pueda anticipar y ejecutar las acciones necesarias, reduciendo el riesgo de accidentes. El empleo de señales que no se ajusten a los parámetros establecidos puede generar confusión y situaciones de grave peligro. Por ello, el diseño de los logotipos debe ser uniforme y fácilmente identificable por los conductores y peatones. Para facilitar la rápida identificación de las señales, se regulan el uso de formas, colores y la información presentada en ellas mediante el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2011)

2.12.1. Colores

A continuación, se muestran los diferentes colores presentados en la Normativa los cuales se encuentra reglamentados y estandarizados en la misma. (INEN, 2011)

Rojo: Este color se emplea principalmente como fondo para señales de alto y aquellas que indican prohibiciones, restricciones de flujo o límites de velocidad bajos. También se utiliza en señales especiales de advertencia y cruce, en bordes de triángulos de ceder el paso, y en indicaciones que prohíben paradas y estacionamientos en situaciones de riesgo.

Negro: Se utiliza como color para emblemas, encabezados y flechas en señales con fondos blancos, amarillos, verde lima y naranjas. Además, aparece en señales de precaución y como leyenda o fondo en distintivos de tráfico.

Blanco: Predomina como color de fondo en la mayoría de las señales reglamentarias, incluyendo indicaciones de caminos, nombres de avenidas y señales informativas. También se usa para leyendas y símbolos como flechas en señales con fondos verdes, azules, negros, rojos o marrones.

Amarillo: Es el color de fondo para señales de advertencia, límites de velocidad adicionales, distancias, y emblemas de peligro. También se emplea en señales con carácter especial de límite.

Naranja: Este color se reserva para señales temporales relacionadas con la construcción de carreteras y cruces escolares.

Verde: Se utiliza como color de fondo en señales que proporcionan información sobre destinos, tarifas de control de peso, y peligros. También aparece en leyendas, símbolos y emblemas en señales de estacionamiento gratuito, con o sin limitaciones de tiempo.

Azul: Se aplica como color de fondo en señales de información de servicios, direcciones y estacionamiento en zonas de pago, incluyendo paradas de autobuses con carácter reglamentario.

Café: Se utiliza como color de fondo para señales que proporcionan información turística y medioambiental.

2.12.2. Distancia de Legibilidad

Los alfabetos de las series D y E son ideales para señales gracias a su buena legibilidad y la adecuada apariencia y espaciado de sus caracteres. Para palabras comunes en señales con restricciones de espacio, la serie C también resulta aceptable. Estas letras se emplean en señales reglamentarias, de advertencia, de construcción de carreteras y señales especiales. En cambio, las letras mayúsculas de las series A y B se reservan para distintivos de parada y otros que requieren una lectura más pausada. A continuación, se detallan las distancias de lectura correspondientes a las series C, D, E y la E modificada, lo que sirve de referencia para determinar las distancias de lectura de los distintivos estándar y para el diseño de señales informativas especiales, como se muestra en la tabla. (INEN, 2011)

2.12.3. Señales de Información

las señales de información vial tienen la función esencial de guiar a los conductores y peatones, proporcionando datos claros y precisos que les permitan llegar a sus destinos de manera segura y directa. Estas señales son diseñadas para orientar a los usuarios en la carretera, ayudándoles a encontrar su camino con facilidad. Aunque el uso frecuente de estas señales no suele disminuir su efectividad, es crucial que se ubiquen en lugares adecuados y que el mensaje que transmiten sea claro y comprensible, para asegurar que cumplan su propósito, Se utilizará letra mayúscula 160 E modificado con letras minúsculas de 120 mm en vías rurales y urbanas de doble vía con un solo carril en cada sentido. (INEN, 2011)

2.12.3.1. Ubicación

Para garantizar una adecuada anticipación, las señales de advertencia de destino deben colocarse en diferentes distancias según el tipo de vía. En vías urbanas, estas señales deben situarse aproximadamente a 100 metros antes de la intersección. En vías rurales, se recomienda que estén entre 150 y 200 metros antes del cruce para proporcionar suficiente tiempo de reacción a los conductores.

2.12.3.2. Diseño de flechas

Las flechas en las señales de tráfico son esenciales para orientar a los conductores, manteniendo un flujo de circulación seguro y ordenado. Los diseños estándar, incluyen flechas que apuntan hacia arriba para indicar que se debe continuar recto, flechas hacia abajo para señalar una reducción de carril o desaceleración, flechas inclinadas hacia la izquierda o derecha para mostrar desvíos suaves, y flechas que apuntan directamente hacia un lado para guiar cambios de dirección o carril en intersecciones. Estos símbolos visuales son cruciales para que los conductores tomen decisiones rápidas y seguras mientras conducen. (INEN, 2011)

Figura 12 Flechas para uso de señales de guía

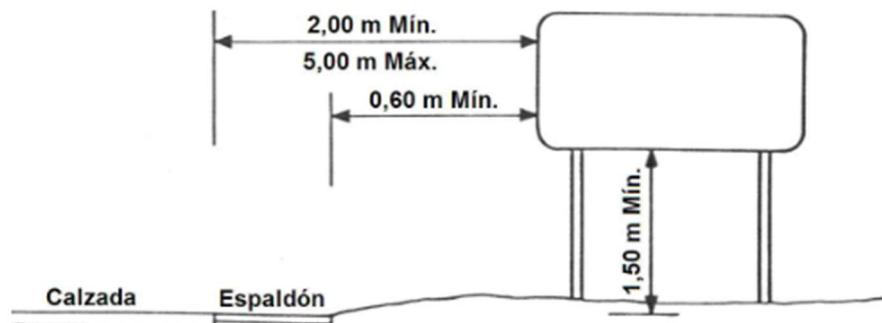


Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.3.3. Soportes para señales de información

Se tendrán soportes de dos postes para vías rurales:

Figura 13 Soporte normal de dos postes - rural



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.3.4. Diseño

Las señales de advertencia de destino generalmente adoptan un formato agrupado o compacto. En estas señales, la indicación correspondiente al destino que se encuentra directamente hacia adelante debe situarse en la parte superior.

Figura 14 Señal de advertencia de destino



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.3.5. Señal de decisión de destino

En intersecciones o puntos cruciales de decisión, estas señales juegan un papel vital al indicar la dirección que una vía sigue, además de señalar los nombres de los destinos más importantes a lo largo de esa ruta.

Figura 15 Señal de decisión de destino (I1 - 2a)



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.4. Señales Regulatorias

Las señales regulatorias de tránsito informan a los usuarios sobre las prioridades, prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones en las vías, cuyo incumplimiento constituye una infracción. Las disposiciones regulatorias pueden aplicarse a tramos largos y requerir señales repetidas, pero se deben evitar las señales innecesarias. También incluyen señales que indican el fin de restricciones legales impuestas previamente, como la restricción de velocidad o el peso máximo permitido. (INEN, 2011)

2.12.4.1. Clasificación de señales regulatorias

Estas señales tienen varias clasificaciones, la normativa (INEN, 2011) nos presenta:

Serie de prioridad de paso R1: Estas señales se colocarán en las entradas de una intersección o en lugares específicos donde sea necesario aplicar las regulaciones que dichas señales indican.

Pare (R1-1). “Se instala en las aproximaciones a las intersecciones, donde una de las vías tiene

prioridad con respecto a otra, y obliga a parar al vehículo frente a esta señal antes de entrar a la intersección.” (INEN, 2011)

Figura 16 Señalización Pare (R1-1)



R1 - 1

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
R1 - 1A	600 x 600	200 Ca
R1 - 1B	750 x 750	240 Ca
R1 - 1C	900 x 900	280 Ca

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

El objetivo de esta señal es asegurar que los conductores detengan por completo sus vehículos y solo continúen su marcha cuando las condiciones de la vía sean seguras, minimizando así el riesgo de accidentes. El lugar de detención debe ofrecer una buena visibilidad del tráfico en la vía prioritaria, permitiendo a los conductores avanzar con seguridad.

Esta señal hace que los conductores cedan el paso a los vehículos que circulan por la carretera principal que se aproxima, permitiendo que el tráfico en esta vía continúe sin detenerse, siempre y cuando haya suficiente espacio para que los vehículos puedan cruzar o incorporarse de manera segura.

Doble vía (R2-2). “Debe ubicarse en el comienzo de una calzada o calle de doble vía y repetirse en todas las intersecciones y cruces. Siempre las señales deben colocarse en ambos lados de la calle.” (INEN, 2011)

Figura 17 Señalización Doble vía (R2-2)



R2-2

Código No.	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm) y serie de letras
R2-2A	900 x 300	100 Cm
R2-2B	1350 x 450	140 Cm

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Esta señal se emplea para indicar que el tráfico en esa vía puede moverse en ambas direcciones.

Límite máximo de velocidad (R4-1). “Esta señal se utiliza para indicar la velocidad máxima permitida en un tramo de vía.”

Figura 18 - Señalización límite máximo de velocidad



R4-1

Código No.	Dimensiones (mm)
R4-1 A	600 x 600
R4-1 B	750 x 750
R4-1 C	900 x 900

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Cuando el límite de velocidad en un tramo de vía difiere de lo estipulado en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial y su Reglamento General, es necesario realizar un estudio detallado del tramo. Este análisis debe considerar factores como el tipo de vía, su velocidad de diseño y de operación, la frecuencia de accidentes, y el uso del suelo en el área adyacente. La señal correspondiente será acompañada de placas adicionales que especifican restricciones para vehículos livianos, pesados y autobuses, según sea necesario. Además, esta señal se utiliza para restablecer los límites de velocidad en una vía, y no debe ser reemplazada por la señal de "FIN PROHIBICIÓN O RESTRICCIÓN".

Parada de bus (R5-6) “Tiene por objeto indicar el área donde los buses de transporte público deben detenerse para tomar y/o dejar pasajeros.” (INEN, 2011)

Figura 19 Señalización de Parada de bus



R5-6

Código No.	Dimensiones (mm)
R5-6	450 X 600

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.12.5. Señales Preventivas

Las señales preventivas son elementos clave para advertir a los conductores sobre posibles peligros en la vía. Su función principal es alertar a los conductores para que tomen medidas de precaución, como disminuir la velocidad o realizar maniobras específicas. Estas señales se colocan estratégicamente a una distancia mínima de 100 metros en zonas urbanas y 150 metros en zonas rurales antes de llegar al peligro. (INEN, 2011)

2.12.5.1. Clasificación de señales preventivas

Estas señales tienen varias clasificaciones, la normativa (INEN, 2011) nos presenta:

Curva cerrada izquierda (P1-1I), derecha (P1-1D). “Estas señales indican la aproximación a curvas cerradas; y se instalan antes de una curva con ángulo de viraje \leq a 90° ; una señal aconsejada de velocidad R4-1 debe acompañar esta señal” (INEN, 2011)

Figura 20 Señalización Curva Cerrada



P1-1I



P1-1D

Código	Dimensiones (mm)
P1-1A (I ó D)	600 x 600
P1-1B (I ó D)	750 x 750
P1-1C (I ó D)	900 x 900

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Curva y contra curva cerradas izquierda-derecha (P1-3I) y derecha-izquierda (P1-3D).

Indican la aproximación a dos curvas contrapuestas y cuya tangente de separación es menor a 120 m; y se instalan en aproximaciones a esta clase de curvas. Una señal aconsejada de velocidad R4-1 debe acompañar esta señal.

Figura 21 Señalización Curva y Contracurva cerrada

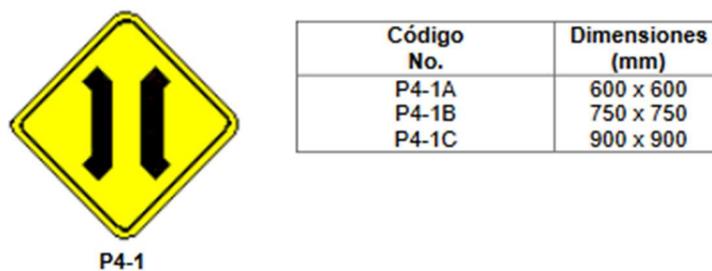


Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Puente angosto (R4-1). “Esta señal debe ser utilizada siempre que adelante exista un puente cuyo ancho sea menor a la calzada de circulación.” (INEN, 2011)

Si el ancho de la calzada del puente es inferior a 5,00 metros, debe emplearse la señal complementaria (P4-8).

Figura 22 Señalización Puente Angosto



Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Ancho máximo (P4-8). “Esta señal debe utilizarse para advertir que más adelante en la vía existe una restricción de ancho en la calzada que puede afectar a ciertos vehículos. La señal debe indicar el ancho máximo que permite la restricción” (INEN, 2011).

Figura 23 Señalización Ancho Máximo



P4-8

Código No.	Dimensiones (mm)
P4-8A	600 x 600
P4-8B	750 x 750
P4-8C	900 x 900

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Peatones en la vía (P6-1). “Esta señal debe utilizarse para advertir la aproximación a un tramo de vía en donde hay posibilidades que se encuentren peatones cruzando la vía.” (INEN, 2011)

Figura 24 Señalización Peatones en la Vía



P6-1

Código No.	Dimensiones (mm)
P6-1A	600 x 600
P6-1B	750 x 750
P6-1C	900 x 900

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

Resalto/Reductor de velocidad (P6-2) “Esta señal debe utilizarse para advertir la aproximación a un resalto o un reductor de velocidad.”

Figura 25 Señalización resalto / reductor de velocidad



P6-2

Código No.	Dimensiones (mm)
P6-2A	600 x 600
P6-2B	750 x 750
P6-2C	900 x 900

Fuente: (INEN, Señalización Vertical, 2011)

2.13. Señalización horizontal

Para asegurar una circulación segura y eficiente tanto de vehículos como de peatones, la señalización de tránsito es esencial. Esta guía ayuda a los usuarios a desplazarse correctamente, minimizando riesgos y protegiendo la salud, la vida y el medio ambiente. Para ser efectiva, la señalización debe cumplir con varios requisitos: debe ser necesaria, visible, fácil de entender, ofrecer tiempo suficiente para la reacción, infundir respeto y ser creíble. (INEN, 2011)

2.13.1. Mensaje

La señalización horizontal, compuesta por líneas, símbolos y leyendas en la superficie de la vía, es eficaz porque capta la atención directa de los conductores sin desviar su mirada de la calzada. Además, los dispositivos complementarios generan efectos vibratorios y sonoros cuando los vehículos los atraviesan, alertando a los conductores y mejorando la seguridad. No obstante, estas señales tienen limitaciones: se perciben a menor distancia que las verticales, pueden ser ocultadas por sedimentos, su visibilidad disminuye con agua y neblina, y requieren más mantenimiento debido al tráfico y a las condiciones ambientales. (INEN, 2011)

2.13.2. Ubicación

La señalización debe ubicarse estratégicamente para que los usuarios que viajan a la velocidad máxima permitida puedan ver y comprender su mensaje con el tiempo suficiente para reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada. Esto garantiza que cumpla con dos posibles objetivos: indicar el inicio, tramo o fin de una restricción o autorización, en cuyo caso debe situarse exactamente en el lugar necesario, o advertir o informar sobre maniobras o acciones que deben o pueden realizarse más adelante. (INEN, 2011)

2.13.3. Color

La señalización vial utiliza principalmente colores blanco y amarillo, que deben mantenerse uniformes en toda la señalización. Las señales complementarias pueden ser blancas, amarillas o rojas, y su color debe coincidir con el del elemento que las contiene, salvo las tachas bicolors. El color blanco se emplea para líneas que pueden ser cruzadas, el amarillo para aquellas que pueden o no ser cruzadas según la situación, y el rojo se usa exclusivamente junto a la línea del borde derecho, indicando peligro y que no deben ser cruzadas. (INEN, 2011)

2.13.4. Retro reflexión

Las señalizaciones deben ser visibles en todo momento del día y bajo cualquier condición climática. Para ello, se construyen con materiales adecuados, como microesferas de vidrio, que aseguran su retro reflexión, una propiedad que mejora la visibilidad nocturna al devolver una parte significativa de la luz hacia la fuente luminosa de los vehículos. Estas señales deben mantener permanentemente los valores mínimos de retro reflexión establecidos por la NTE INEN 1 042 y cumplir con las normativas correspondientes para pinturas de tráfico, materiales retro reflectivos y encauzadores, garantizando así su eficacia y seguridad en diversas condiciones. (INEN, 2011)

2.13.5. Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales en las carreteras se utilizan para delimitar carriles y calzadas, indicar zonas donde está permitido o prohibido adelantar y/o estacionar, y para designar carriles exclusivos para ciertos vehículos como bicicletas o buses, además de advertir la proximidad a un cruce cebra. Estas líneas, dependiendo de su forma (continuas, segmentadas o en zigzag) y color, transmiten distintos mensajes: las continuas y en zigzag prohíben el estacionamiento y ciertas maniobras, mientras que las segmentadas permiten adelantar. Las líneas amarillas separan el tráfico en direcciones opuestas y definen restricciones, mientras que las blancas separan el tráfico en la misma dirección y delimitan el borde derecho de la vía, zonas de

estacionamiento y proximidad a cruces peatonales. Las dimensiones de estas líneas varían: el ancho mínimo es de 100 mm y el máximo de 150 mm. (INEN, 2011)

Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta

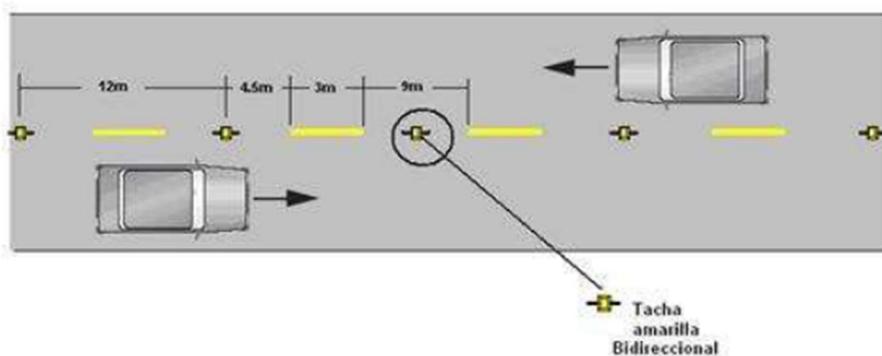
Estas líneas amarillas permiten la separación de tráfico en direcciones opuestas y pueden ser cruzadas cuando se puede hacer de forma segura, especialmente en áreas donde la geometría de la vía permite el rebasamiento y los giros. Existen dos tipos de líneas centrales segmentadas que facilitan estas maniobras en condiciones adecuadas. (INEN, 2011)

Tabla 8 Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada

Velocidad máxima de la vía (km /h)	Ancho de la línea (mm)	Patrón (m)	Relación señalización brecha
Menor o igual a 50	100	12,00	3 - 9
Mayor a 50	150	12,00	3 - 9

Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

Figura 26 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta



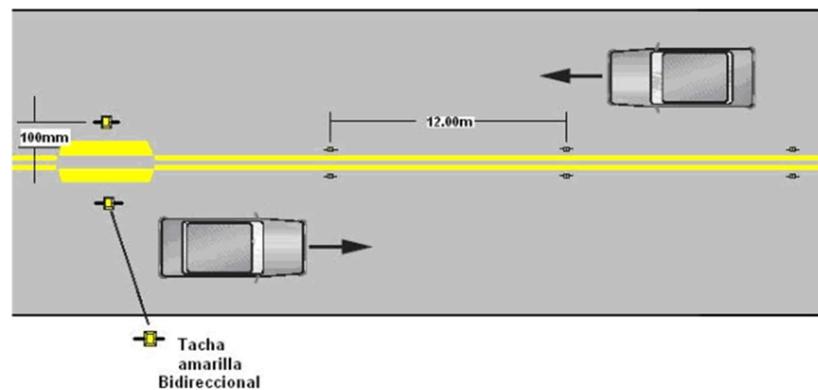
Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.5.1. Doble línea continua (línea de barrera)

Consisten en dos líneas amarillas paralelas, una continua y otra segmentada, cada una con un ancho mínimo de 100 mm y separadas por un espacio de 100 mm. Estas líneas permiten a los vehículos cruzar desde el lado de la línea segmentada para realizar rebasamientos de manera

segura, mientras que está prohibido cruzar desde el lado de la línea continua para esta maniobra.
(INEN, 2011)

Figura 27 Doble línea continua (línea de barrera)

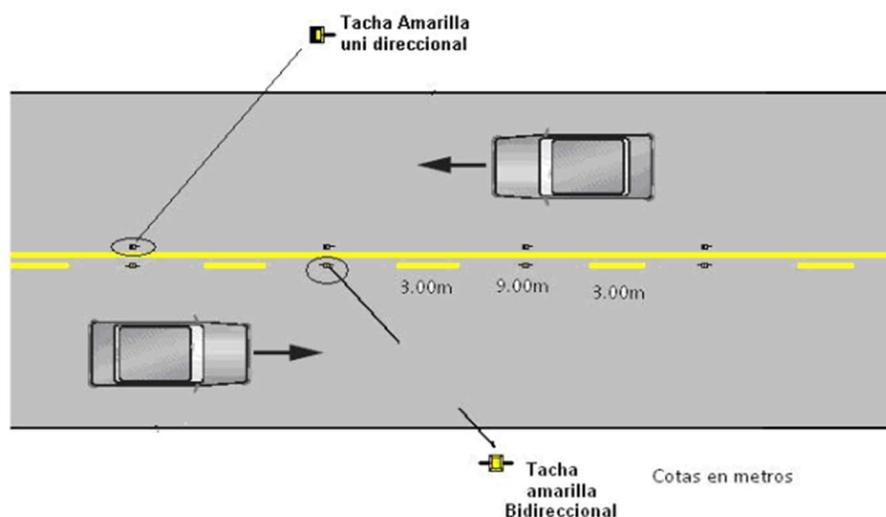


Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.5.2. Doble línea mixta

Las líneas centrales segmentadas en las carreteras consisten en dos líneas amarillas paralelas: una continua y otra segmentada, ambas con un ancho mínimo de 100 mm, separadas por un espacio de 100 mm. Estas líneas permiten a los vehículos cruzar desde el lado de la línea segmentada para realizar rebasamientos de manera segura, pero prohíben cruzar desde el lado de la línea continua para esta maniobra. (INEN, 2011)

Figura 28 Doble línea mixta: continua y segmentada



Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.6. Zonas de no rebasar

Las zonas de "NO REBASAR" deben establecerse no solo en los lugares especificados por el Reglamento de Aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, sino también en cualquier área donde la distancia de visibilidad de rebasamiento sea menor que la distancia mínima requerida para un rebasamiento seguro. Esta distancia mínima es la necesaria para que un vehículo pueda salir de su carril, adelantar al vehículo que le precede y regresar a su carril sin comprometer la velocidad de los vehículos involucrados. En curvas horizontales, la distancia de visibilidad de rebasamiento se mide a lo largo del centro del carril más a la derecha en la dirección del tráfico, entre dos puntos situados a 1,10 m sobre la superficie del pavimento, alineados tangencialmente al radio interno u otra obstrucción que limite la visibilidad en la curva.

Tabla 9 Distancia de visibilidad

Velocidad de diseño (km/h)	Velocidad del vehículo a ser rebasado (km/h)	Velocidad de rebasamiento (km/h)	Distancia de visibilidad mínima (m)
30	29	44	217
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	407
70	59	74	482
80	65	80	541
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	728
120	91	106	792

Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

Tabla 10 Distancia de rebasamiento mínimo

Velocidad de diseño (km/h)	Distancia de rebasamiento mínima (m)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

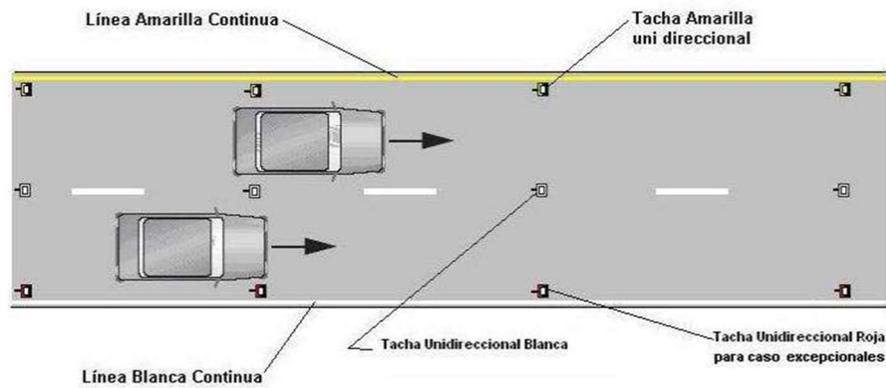
2.13.7. Líneas de borde de calzada.

Las líneas de borde en las carreteras son cruciales para guiar a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida. Estas líneas muestran claramente dónde se encuentra el borde de la calzada, ayudando a los conductores a posicionarse adecuadamente. Son particularmente vitales cuando un conductor es encandilado por las luces de un vehículo que se aproxima en sentido contrario, ya que, en esas situaciones, estas líneas suelen ser la única referencia disponible. Por ello, su uso es indispensable en carreteras, vías rurales y perimetrales. (INEN, 2011)

2.13.7.1. Líneas de borde de calzada continua

Estas líneas son blancas, se colocan en el borde de la calzada para guiar a los conductores, pero nunca fuera de ella. En situaciones donde la calzada está dividida por un parterre o isla, se utiliza una línea amarilla en el lado izquierdo del sentido del flujo vehicular, su ancho mínimo en vías urbanas debe ser de 100 mm y en autopistas y carreteras de 150 mm.

Figura 29 Líneas continuas de borde



Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.8. Líneas transversales

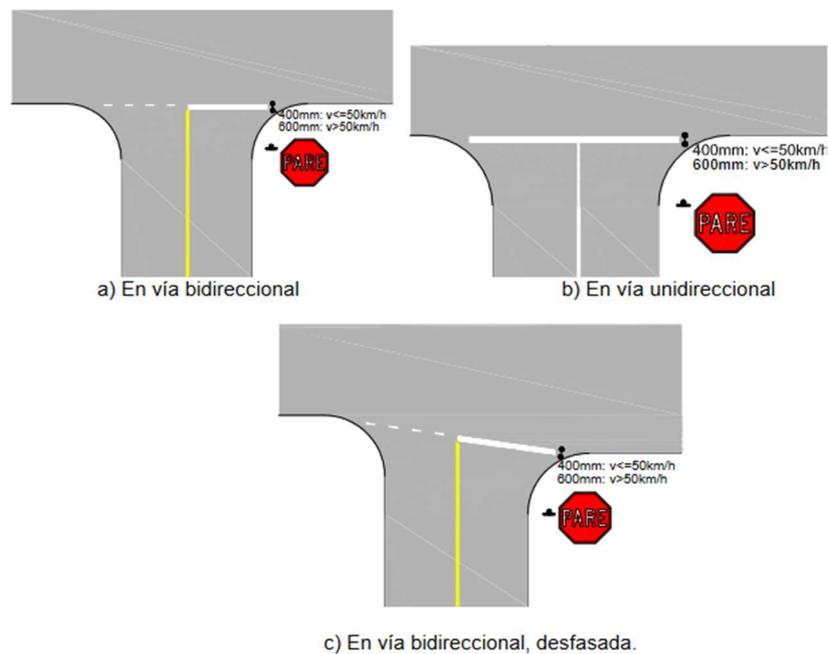
Las líneas transversales en los cruces indican a los vehículos dónde deben detenerse, ceder el paso o reducir la velocidad, y marcan las sendas para el cruce de peatones o ciclistas, dando prioridad a estos últimos. Estas líneas, siempre de color blanco, pueden ser continuas o segmentadas y se colocan en el punto más cercano a la intersección o paso peatonal, garantizando una clara indicación para la seguridad y el orden del tráfico. (INEN, 2011).

2.13.8.1. Líneas de pare

Indica el lugar donde los vehículos deben detenerse. Su ancho varía según la velocidad máxima permitida: 400 mm para vías de hasta 50 km/h y 600 mm para vías con velocidades superiores. Esta línea se marca a lo largo de los carriles que se aproximan a un dispositivo de control de tránsito, donde los conductores deben detenerse antes de ingresar a una vía con mayor prioridad para hacerlo de manera segura.

En intersecciones con señales verticales de "PARE", se utiliza esta línea que se debe alinear con la proyección de los bordillos hacia el interior de la vía para detener el tráfico.

Figura 30 Línea de pare en intersección con señal vertical de pare



Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.9. Reductores de velocidad

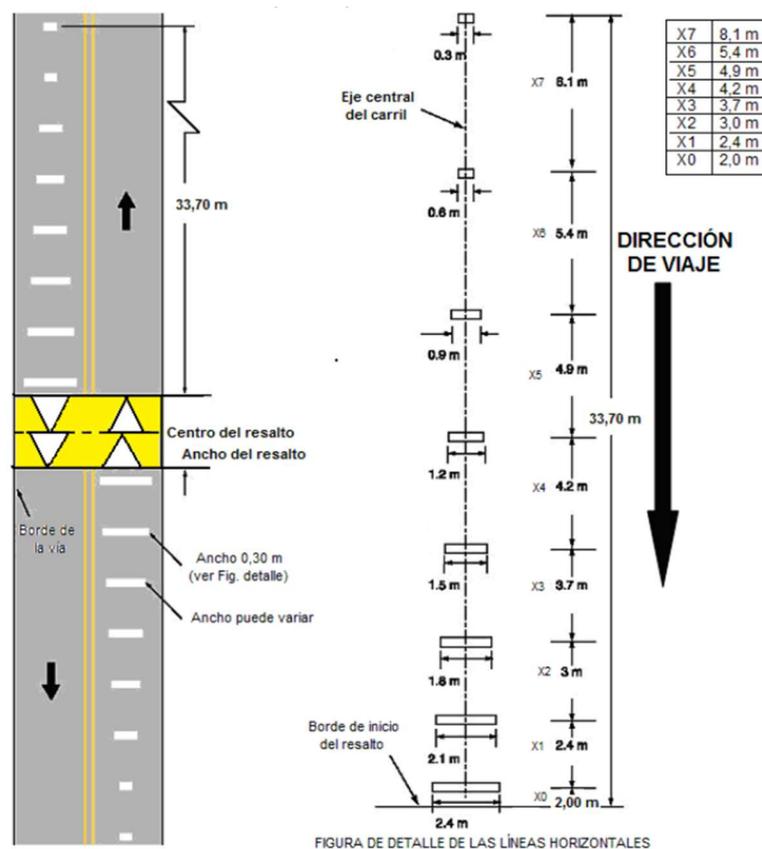
Son elementos, modificaciones geométricas, materiales de pavimento y dispositivos instalados o fijados en la calzada, que tienen como propósito reducir la velocidad de diseño y/o operación a velocidades más bajas y seguras para proteger a los peatones, sin llegar a detener completamente el vehículo; además, buscan desincentivar el uso de ciertas vías por motivos de seguridad. (INEN, 2011)

2.13.10. Resalto

La instalación de resaltos debe cumplir con ciertos criterios: deben estar a un mínimo de 20 metros de una intersección, salvo excepciones como pasos peatonales en la intersección. La visibilidad mínima es de 100 metros en áreas urbanas y 150 metros en zonas rurales. La distancia entre reductores debe ser entre 20 y 100 metros. Deben construirse a todo lo ancho de la calzada, considerando el drenaje, y en áreas donde el 85 percentil de las velocidades exceda en 10 km/h el límite permitido. Las pendientes de las vías no deben superar el 8% y

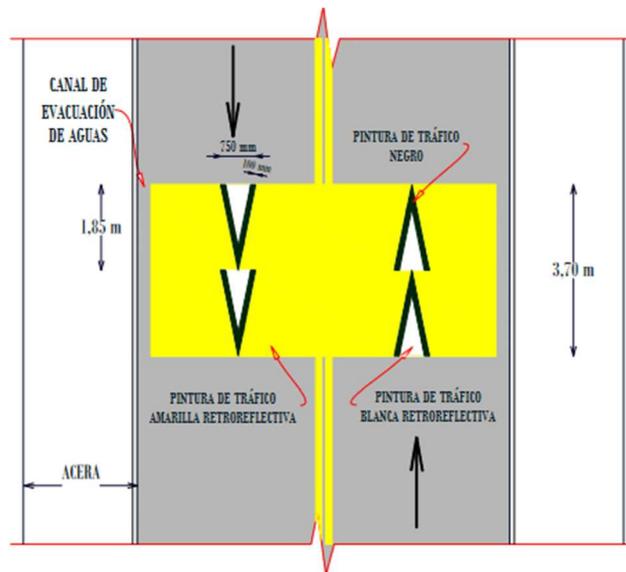
deben contar con alumbrado público. La vía debe ser adecuada para soportar los impactos, y si no, se debe reforzar primero. Los resaltos limitan la velocidad a 25 km/h y requieren bordillos para evitar el paso indebido. Deben evitarse conflictos con vías adyacentes y no instalarse en transiciones hacia paradas de buses ni sobre pozos u otras infraestructuras. La construcción debe ser supervisada por la autoridad competente. La señalización debe ser clara y adecuada, con demarcación amarilla y triángulos blancos reflectantes, y señalización de advertencia según la normativa específica. (INEN, 2011)

Figura 31 Demarcación típica en aproximaciones a resaltos



Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

Figura 32 Resalto en calzada bidireccional de circulación



Fuente: (INEN, Señalización Horizontal, 2011)

2.13.10.1. Dimensiones

El resalto debe tener las siguientes dimensiones:

- Ancho :3,50 m 3,70 m
- Altura: 80 mm a 100 mm con respecto a la calzada
- Largo: depende del ancho de la calzada.
- Pendiente máxima de ingreso y salida: 8%

2.13.10.2. Identificación de la necesidad

Zonas escolares, parques infantiles y lugares públicos de alto flujo peatonal.

- Estos resaltos no deben ser instalados en vías y carreteras principales, en vías urbanas, arteriales, subarteriales, colectoras y carreteras de primer orden.
- Estos resaltos no podrán ser instalados en curvas verticales ni horizontales o en vías con pendientes mayores a 8%

2.14. Drenaje

Tiene como objetivo principal gestionar el drenaje de agua superficial en las carreteras, crucial para evitar la erosión de taludes, proteger la integridad del pavimento y garantizar la seguridad de los usuarios. El agua en la superficie de las carreteras representa un riesgo significativo para el tráfico, ya que puede infiltrarse en la calzada debilitar las aceras y sus bordes. Estas situaciones no solo ponen en peligro a los conductores, sino que también incrementan considerablemente los costos de mantenimiento y reparación de la vía. (Pérez Carmona, 2013)

2.14.1. Drenaje Subterráneo

Estos sistemas de drenaje son esenciales para evitar que el subsuelo y la base vial absorban demasiada humedad, lo que podría reducir su capacidad de soporte y provocar el deterioro de la superficie de las carreteras debido al peso de los vehículos. El agua tiende a filtrarse en el pavimento a través de grietas e imperfecciones en la capa superficial, así como en el subsuelo debido al aumento del nivel freático, la acción capilar y la infiltración del flujo de agua subterránea desde áreas laterales. Al prevenir estas infiltraciones, se mantienen las condiciones estructurales óptimas de la carretera y se minimizan los daños causados por la humedad. (Pérez Carmona, 2013)

2.14.2. Precipitaciones

Las precipitaciones son el resultado de diversos fenómenos atmosféricos y se miden comúnmente en milímetros de agua acumulada en un período determinado. Esta medición puede realizarse tanto en función de la altura del agua caída durante un intervalo específico, como de la intensidad de la lluvia, expresada en milímetros por hora durante un aguacero. (Pérez Carmona, 2013)

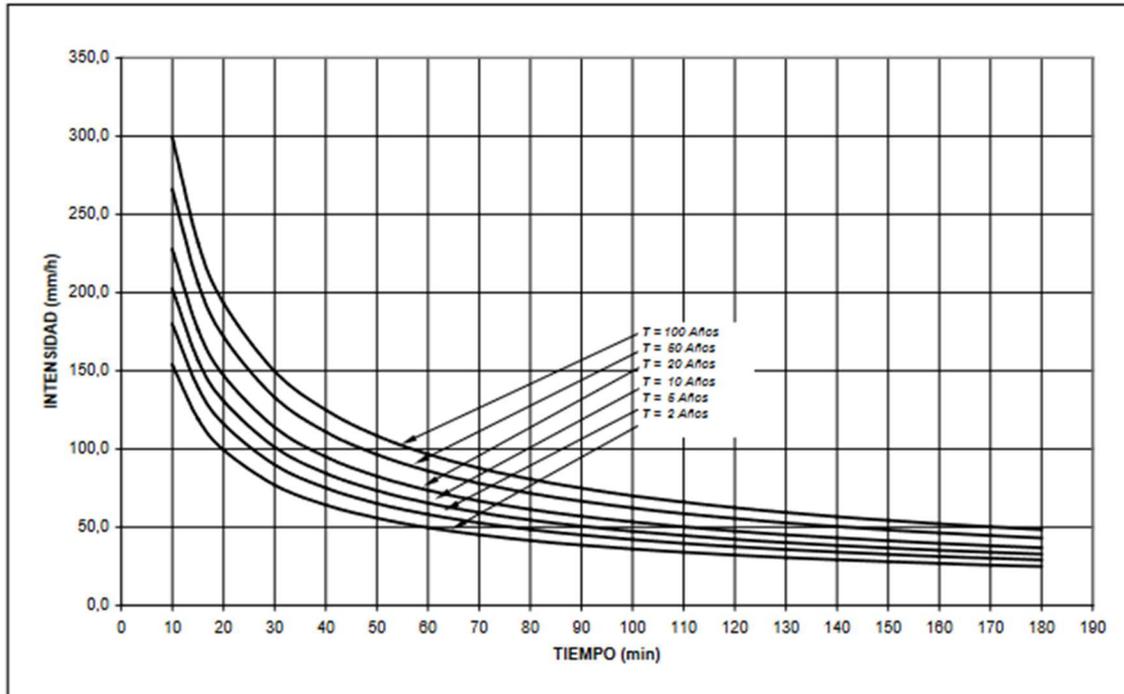
2.14.3. Datos de Lluvia

Los registros precisos de la lluvia deben considerar la cantidad, intensidad y duración de las precipitaciones. Herramientas como los mapas de lluvia y las curvas IDF son cruciales para entender la distribución temporal de la lluvia y calcular las precipitaciones máximas en períodos específicos. Estos datos son fundamentales en hidrología e ingeniería para simular correctamente los procesos de lluvia y escorrentía en modelos de pronóstico y diseño. (Fattorelli & Fernandez, 2011)

2.14.4. Curvas IDF

Las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) representan una matriz que indica la cantidad de precipitación (calculada como intensidades de lluvia) en función de la duración del evento y la probabilidad de ocurrencia en períodos de retorno específicos. (Instituto Nacional de Vías, 2009)

Figura 33 Curvas IDF



Fuente: (INVIAS, Manual de drenaje para carreteras, 2009)

2.14.4.1. Cálculo de Curvas IDF

Para este proyecto se realizó el cálculo de las curvas IDF, para las cuales se necesitó los datos históricos de precipitaciones máximas en 24 horas, datos los cuales se obtienen de los anuarios meteorológicos presentes en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2024). Dichos datos son registrados gracias a estaciones meteorológicas ubicadas en todo el Ecuador, siendo estos datos de libre acceso.

2.15. Cunetas

Este sistema de drenaje es crucial para el funcionamiento seguro de las carreteras. Su principal tarea es evacuar rápidamente el agua de lluvia de la calzada, evitando charcos peligrosos y controlando el nivel freático para prevenir daños estructurales. Además, intercepta el agua que fluye hacia la carretera, protegiéndola de la erosión. En las zonas de corte, recoge el agua que escurre y se conduce hacia drenajes naturales o transversales, alejándola de la carretera. Este sistema también previene inundaciones y reduce el riesgo de erosión en los taludes, prolongando la vida útil de la infraestructura y reduciendo los costos de mantenimiento. (MTO, 2003)

2.15.1. Pendiente y velocidad

La cuneta se ubicará entre el borde de la carretera y la base del talud en áreas de corte. Su pendiente seguirá el perfil longitudinal de la vía, con una inclinación mínima del 0.50%. El máximo permitido estará determinado por la velocidad del flujo de agua, que influye en la necesidad de revestimiento para evitar la erosión. La velocidad del agua a partir de la cual se produce erosión varía según el tipo de material. Sin embargo, en la práctica, se suele restringir la velocidad del agua en las cunetas a un máximo de 3,00 m/s si están revestidas con zampeado y 4,00 m/s si el revestimiento es de hormigón.

Tabla 11 Velocidades del Agua con que se erosionan diferentes materiales

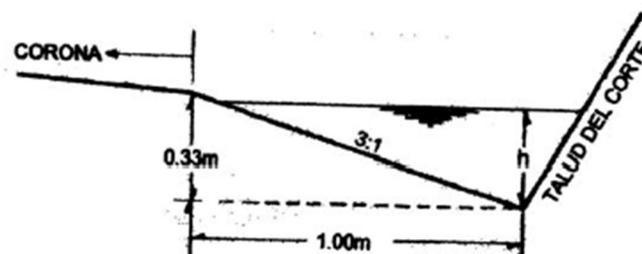
MATERIAL	VELOCIDAD m/s .	MATERIAL	VELOCIDAD m/s .
Arena fina	0.45	Pizarra suave	2.0
Arcilla arenosa	0.50	Grava gruesa	3.50
Arcilla ordinaria	0.85	Zampeado	3.4-4.5
Arcilla firme	1.25	Roca sana	4.5 – 7.5
Grava fina	2.00	Hormigón	4.5-7.5

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.15.2. Forma de la Sección

Las cunetas se pueden diseñar con diversas formas en su sección transversal: triangular, rectangular o trapezoidal, sin embargo, las cunetas triangulares son las más comunes, probablemente debido a su fácil construcción y mantenimiento. No obstante, en situaciones donde se requiere una mayor capacidad hidráulica, también se pueden emplear cunetas con secciones rectangulares o trapezoidales.

Figura 34 Dimensiones típicas de cunetas

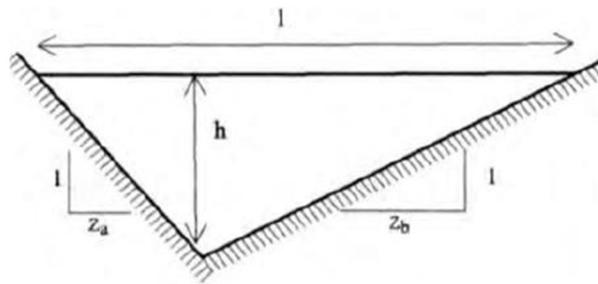


Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

2.15.3. Sección típica de la cuneta

Como se mencionó anteriormente, en Ecuador el tipo de cunetas más usadas son triangulares, por ello se toma una sección de la NEVI (Norma Ecuatoriana Vial).

Figura 35 Sección Típica de una cuneta



Fuente: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales, 2013)

Para determinar su geometría se usan las siguientes formulaciones:

- Área
$$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$$
- Perímetro mojado
$$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$$
- Ancho superficial
$$l = (za + zb) * h$$

2.15.4. Cálculo del Coeficiente de escorrentía C

Se expresan diferentes coeficientes de escorrentía según el tipo de material o de suelo presente en la zona de estudio, estos fueron tomados del libro Urban Water Resources Research Council (American Society of Civil Engineers, 1992).

Figura 36 Coeficientes de escorrentía

TABLE 5.5: Normal Range of Runoff Coefficients*

Character of Surface (1)	Runoff Coefficients (2)
Pavement	
Asphalt and Concrete	0.70 to 0.95
Brick	0.70 to 0.85
Roofs	0.75 to 0.95
Lawns, Sandy Soil	
Flat (2 percent)	0.05 to 0.10
Average (2 to 7 percent)	0.10 to 0.15
Steep (>7 percent)	0.15 to 0.20
Lawns, Heavy Soil	
Flat (2 percent)	0.13 to 0.17
Average (2 to 7 percent)	0.18 to 0.22
Steep (>7 percent)	0.25 to 0.35

TABLE 5.6: Typical Composite Runoff Coefficients, by Land Use*

Description of Area (1)	Runoff Coefficients (2)
Business	
Downtown	0.70 to 0.95
Neighborhood	0.50 to 0.70
Residential	
Single Family	0.30 to 0.50
Multi-units, detached	0.40 to 0.60
Multi-units, attached	0.60 to 0.75
Residential (suburban)	0.25 to 0.40
Apartment	0.50 to 0.70
Industrial	
Light	0.50 to 0.80
Heavy	0.60 to 0.90
Parks, cemeteries	0.10 to 0.25
Playgrounds	0.20 to 0.35
Railroad yards	0.20 to 0.35
Unimproved	0.10 to 0.30

Fuente: (American Society of Civil Engineers, Urban Water Resources Research Council, 1992)

2.15.5. Cálculo del caudal en la estructura

Para determinar los caudales máximos esperados en estructuras, se puede utilizar la ecuación racional. Esta fórmula permite calcular los caudales máximos de manera eficiente y precisa.

(Fattorelli & Fernandez, 2011)

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Donde:

- Q = Caudal (m³/s).
- C = es el coeficiente de esorrentía (tabla 13).
- I = Intensidades de las lluvias (mm/hora).
- A = Áreas (hectáreas).

3. METODOLOGIA

3.1. Cálculos

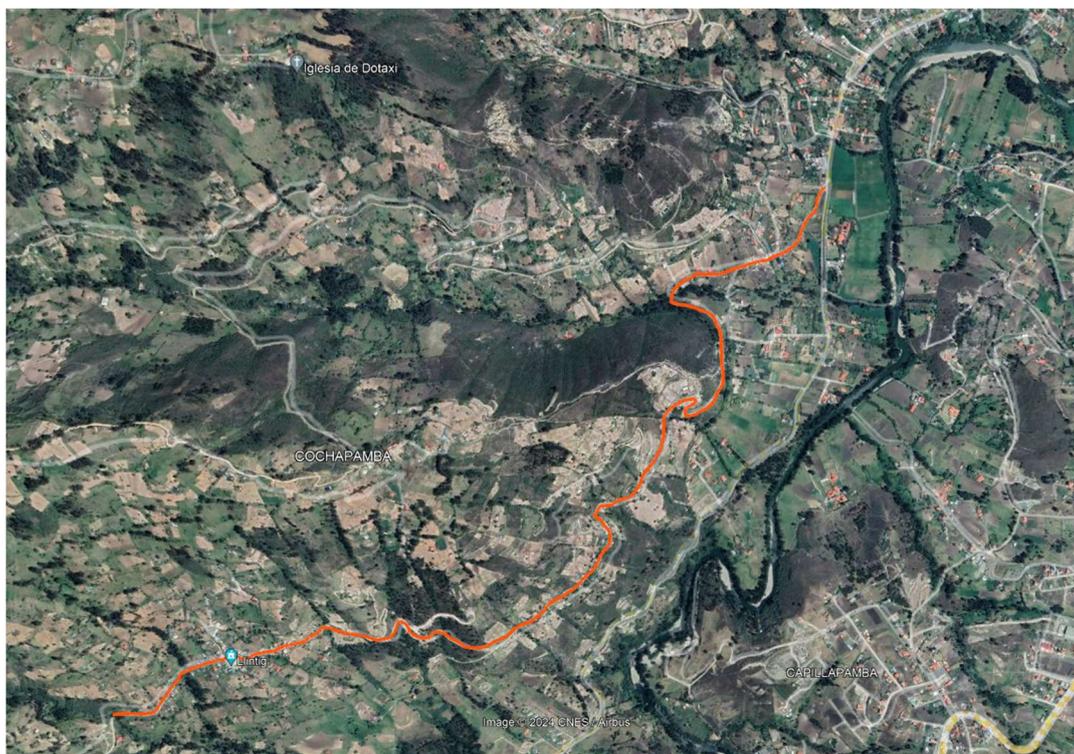
3.1.1. Topografía

Para la ejecución precisa de este proyecto técnico, fue crucial obtener un conocimiento detallado del área de implantación mediante un estudio topográfico realizado con fotogrametría.

3.1.2. Ubicación del proyecto

La carretera que une la parroquia de Nallig con la parroquia de Llintig, tiene una extensión total de 4.15 km y actualmente cuenta con una capa de rodadura de lastre. Como se muestra en la figura 30, el trazado de la vía ya está establecido, sin embargo, esta carretera aún no está pavimentada y carece de un diseño geométrico adecuado.

Figura 37 Ubicación del proyecto



Fuente: (Google Earth, 2024)

3.1.3. Levantamiento

Se utilizó un dron de la marca AUTEL, modelo EVO II RTK SERIES V3, para llevar a cabo la fotogrametría, junto con un receptor RTK para obtener coordenadas precisas del sitio. Estas coordenadas se utilizaron para establecer puntos de referencia para el vuelo del dron y para corregir la precisión de la topografía obtenida.

Figura 38 Dron y RTK utilizados

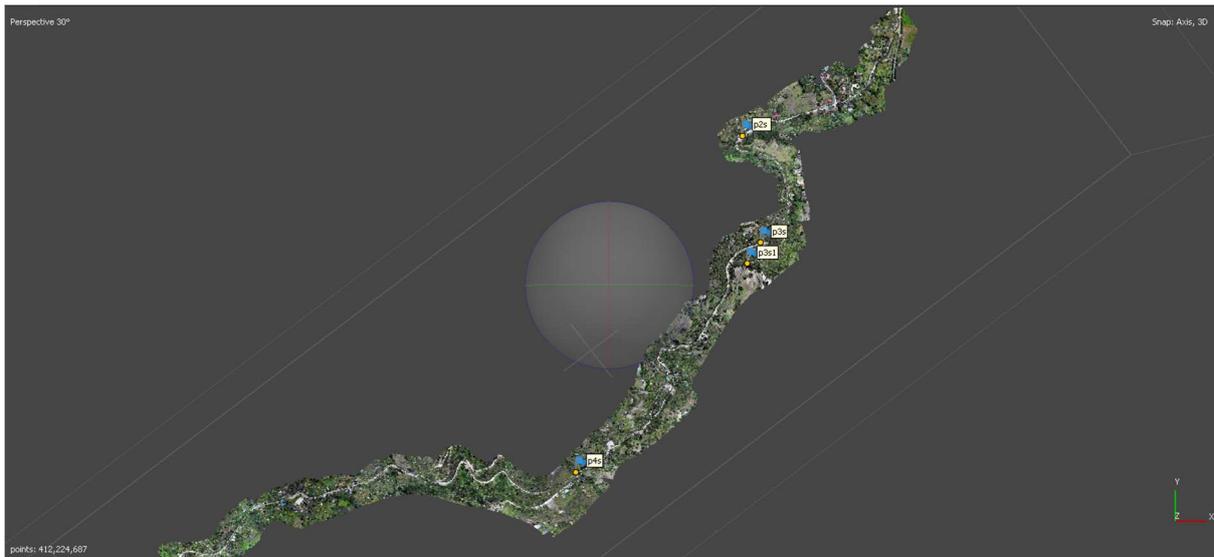


Fuente: Autor

3.1.4. Procesamiento de datos

Utilizando el equipo mencionado, se llevó a cabo la recolección de datos topográficos del terreno, incluyendo la medición del ancho de la vía actual, los límites de las propiedades vecinas, estructuras existentes, entre otros. Esta información se procesó más tarde utilizando el software Agisoft Metashape.

Figura 39 Nube de puntos densa del Proyecto en Metashape



Fuente: Autor

Con la nube de puntos densa obtenida en el software antes mencionado, se procedió a crear las curvas de nivel, estas se presentan a continuación en el software Civil 3D.

Figura 40 Curvas de Nivel en Civil 3D



Fuente: Autor

3.2. Ensayos de Laboratorio

Para comprender las propiedades mecánicas del suelo en el área del proyecto, es esencial realizar estudios detallados. Estos análisis son fundamentales para diseñar la vía de manera adecuada, ya que permiten adaptar el diseño a las características específicas del terreno.

3.2.1. Recolección de muestras

Dada la extensión del proyecto, se llevó a cabo una recolección de muestras de suelo a intervalos de cada kilómetro a lo largo del sitio. Este muestreo se realizó mediante la excavación de calicatas, lo que permitió obtener una cantidad significativa de material para los análisis de laboratorio.

Figura 41 Recolección de muestras de suelo



Fuente: Autor

Debido a que la extensión de la vía es de 4 km se obtuvieron 4 calicatas, de las cuales se realizaron los ensayos de laboratorio de cada una de ellas para determinar los tipos de suelo y sus propiedades geomecánicas.

3.2.2. Proctor Modificado

Una vez recolectadas las muestras de suelo, se llevaron a cabo ensayos de Proctor Modificado de acuerdo con la norma ASTM D-698. Este ensayo es crucial para determinar la densidad seca máxima y la humedad óptima que permiten alcanzar dicha densidad. Dado que se extrajeron muestras de cuatro calicatas, se determinaron estos parámetros para cada una de las muestras obtenidas. Estos datos son esenciales para garantizar que el diseño y la compactación de la vía se adapten adecuadamente a las condiciones del suelo del proyecto.

Según (BRAJA DAS, 2013), existen varios métodos para realizar el ensayo de Proctor, los cuales varían en función del tipo de suelo y del tamaño de sus partículas. Para seleccionar el método de Proctor más adecuado, es esencial llevar a cabo un análisis granulométrico de las muestras de suelo. Este análisis permite determinar la distribución de tamaños de partículas en el suelo, lo que a su vez guía la elección del método Proctor adecuado para obtener la densidad y humedad óptimas.

Tabla 12 Especificaciones de la prueba Proctor Modificada

Tabla 5.3 Especificaciones de la prueba Proctor modificada (Basadas en Norma ASTM Prueba 1577)

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm ³	943.3 cm ³	2124 cm ³
Peso del martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes de martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³	2696 kN-m/m ³
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

Fuente: (Braja M Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica 4ta edición, 2013)

El análisis granulométrico reveló que las características del suelo varían a lo largo del proyecto. Específicamente, la muestra de la calicata 1, ubicada en el primer kilómetro de la vía, requería la aplicación del método B para el ensayo de Proctor. En contraste, las muestras de las calicatas 2, 3 y 4, correspondientes al segundo, tercer y cuarto kilómetro de la vía, respectivamente, fueron adecuadas para el método C.

Tras llevar a cabo los ensayos pertinentes, se obtuvieron los valores de densidad máxima y su respectiva humedad óptima para cada muestra de suelo.

Tabla 13 Resultados de Proctor Modificado

Resultados Proctor				
Calicata 1	Proctor Modificado Método B	Densidad Óptima	1776.23	(Kg/m ³)
		Humedad Óptima	10.32%	
Calicata 2	Proctor Modificado Método C	Densidad Óptima	2164.56	(Kg/m ³)
		Humedad Óptima	7.47%	
Calicata 3	Proctor Modificado Método C	Densidad Óptima	2106.28	(Kg/m ³)
		Humedad Óptima	10.20%	
Calicata 4	Proctor Modificado Método C	Densidad Óptima	2085.38	(Kg/m ³)
		Humedad Óptima	11.77%	

Fuente: Autor

Los datos completos de este ensayo se presentarán en los Anexos.

3.2.3. CBR

Con los resultados obtenidos del ensayo de Proctor Modificado, se procedió a realizar el ensayo de CBR (California Bearing Ratio) según la norma ASTM D-1883. Este ensayo es fundamental para determinar la capacidad resistente del suelo, evaluando su idoneidad como subrasante, subbase y base en el diseño de pavimentos.

Después de realizar los ensayos de CBR (California Bearing Ratio) para las cuatro calicatas, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 14 Resultados de CBR

	CBR al 95% para 0.10"	CBR al 100% para 0.10"
Calicata 1	1.1	2.19
Calicata 2	3.46	3.52
Calicata 3	7.18	8.85
Calicata 4	10.52	12.53

Fuente: Autor

Gracias a este ensayo, se pudo determinar que las calicatas 1 y 2 (ubicadas en el primer y segundo kilómetro de la vía, respectivamente) requieren un reemplazo de la subrasante. Según la normativa del MOP, para que el suelo sea adecuado como subrasante, debe tener un valor de CBR mayor al 6%.

Los datos completos de este ensayo se presentarán en los Anexos.

3.3. TPDA

3.3.1. Conteo Vehicular

Para registrar de manera precisa el tráfico vehicular en la vía Nallig - Llintig, se instaló una estación de conteo. Esta estación se trata de una cámara Wi-Fi de alta definición, que ha sido colocada de manera estratégica en la primera intersección de la vía. La elección de este punto se debe a su relevancia crítica en términos de tráfico, dado que es una de las áreas con mayor actividad vehicular. En esta intersección, se observa un intenso flujo tanto de entrada como de salida de vehículos, lo que la convierte en el lugar ideal para monitorear y analizar el uso de la vía.

La instalación de la cámara en este punto estratégico permite la captura de datos detallados sobre el tráfico, proporcionando información valiosa para la planificación y gestión de la carretera. La estación de conteo no solo facilita la recopilación de estadísticas precisas, sino

que también contribuye a identificar patrones de tráfico y posibles problemas en la red vial. Con estos datos, las autoridades pueden tomar decisiones informadas para mejorar la infraestructura y optimizar el flujo vehicular en la vía Nallig - Llintig.

Los datos recopilados fueron los siguientes:

Tabla 15 Total de vehículos que ingresan y salen por día, en una semana

Total, de vehículos que ingresan y salen por día, en una semana						
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
840	881	817	818	866	973	1017

Fuente: Autor

Factor Horario:

El factor horario está relacionado al conteo vehicular realizado en 24 hora, así que, como el conteo si fue realizado durante 24 horas el factor diario en este caso sería de 1.

$$Fh = \frac{24}{24} = 1$$

Factor Diario:

El factor diario está relacionado al conteo vehicular realizado en un lapso de 7 días, así que, como el conteo si fue realizado durante una semana, el factor diario en este caso sería de 1.

$$Fd = \frac{7}{7} = 1$$

Factor Semanal:

Este factor se determina considerando el número de semanas en cada mes y el mes específico en el que se realizó el conteo. Además, se debe tener en cuenta que, si el año no es bisiesto, el factor semanal asignado a febrero será 1.

Tabla 16 Factor semanal correspondiente al presente año

Mes	# De Dias	# De Semanas	Fs
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	28	4	1
Marzo	31	4.428571429	1.107142857
Abril	30	4.285714286	1.071428571
Mayo	31	4.428571429	1.107142857
Junio	30	4.285714286	1.071428571
Julio	31	4.428571429	1.107142857
Agosto	31	4.428571429	1.107142857
Septiembre	30	4.285714286	1.071428571
Octubre	31	4.428571429	1.107142857
Noviembre	30	4.285714286	1.071428571
Diciembre	31	4.428571429	1.107142857
TOTAL	365		

Fuente: Autor

Por lo tanto:

$$Fs = 1$$

Factor Mensual:

Este factor está relacionado con el consumo de combustibles en la provincia donde se llevó a cabo el conteo. El análisis se basó en datos históricos de consumo, y se hizo una proyección anual del uso de combustibles.

Los datos usados provienen del año 2022 ya que el Ministerio de Recursos aun no actualiza datos de combustibles fósiles del año 2023.

Tabla 17 Tabla de consumo de combustibles para Azuay 2022

Mes	Extra	Super	Diesel	Suma	Factor mensual
Enero	5'041'034.00 \$	426'907.00 \$	3'821'603.00 \$	9'289'544.00 \$	1.059591614
Febrero	4'880'836.00 \$	433'298.00 \$	3'541'383.00 \$	8'855'517.00 \$	1.111524366
Marzo	5'355'979.00 \$	453'869.00 \$	3'841'103.00 \$	9'650'951.00 \$	1.019912226
Abril	5'032'952.00 \$	413'959.00 \$	3'736'007.00 \$	9'182'918.00 \$	1.071894894
Mayo	5'078'272.00 \$	399'376.00 \$	4'163'812.00 \$	9'641'460.00 \$	1.020916222
Junio	5'196'709.00 \$	387'913.00 \$	4'223'877.00 \$	9'808'499.00 \$	1.003529991
Julio	5'547'513.00 \$	419'991.00 \$	4'503'173.00 \$	10'470'677.00 \$	0.940065568
Agosto	5'452'805.00 \$	428'022.00 \$	4'448'420.00 \$	10'329'247.00 \$	0.952937123
Septiembre	5'349'559.00 \$	389'638.00 \$	4'417'146.00 \$	10'156'343.00 \$	0.969160151
Octubre	5'258'978.00 \$	392'703.00 \$	4'126'129.00 \$	9'777'810.00 \$	1.006679708
Noviembre	5'417'543.00 \$	396'626.00 \$	4'330'418.00 \$	10'144'587.00 \$	0.970283257
Diciembre	5'907'968.00 \$	444'561.00 \$	4'457'393.00 \$	10'809'922.00 \$	0.910563732
TOTAL ANUAL	63'520'148.00 \$	4'986'863.00 \$	49'610'464.00 \$		
PROMEDIO DE LA SUMA MENSUAL DE LOS 3 TIPOS DE COMBUSTIBLES				9'843'122.92 \$	

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2022)

Para llevar a cabo la proyección, se calculó un promedio de los datos de cada año, lo que permitió obtener la estimación para el año previsto. Dado que el día con mayor flujo vehicular corresponde al mes de febrero, el factor mensual será:

$$Fs = 1.111524366$$

3.3.2. Cálculo de TPDA

Una vez hecho el cálculo de todos los factores necesarios para el cálculo del TPDA, se procede a calcularlo. Por lo tanto:

$$TPDA = T_o * Fh * Fd * Fs * Fm$$

$$TPDA_{2024} = 887 * 1 * 1 * 1 * 1.111524366$$

$$TPDA_{2024} = 986$$

Tabla 18 Promedio de tráfico semanal observado

PROMEDIO SEMANAL	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
	840	881	817	818	866	973	1017
	887						

Fuente: Autor

3.3.3. Proyección de tráfico

Para calcular el TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) proyectado, se utilizó el método e) Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional, según lo indicado en la norma MTOP 2003. La elección de este método se justificó por la falta de información sobre el crecimiento del parque automotor en Gualaceo. La ausencia de datos específicos sobre el incremento del parque automotor dificultó la obtención de porcentajes de crecimiento por tipo de vehículo. Por consiguiente, se optó por emplear el método mencionado, ya que la tasa de crecimiento poblacional puede proporcionar una estimación razonable del incremento esperado en el tráfico

vehicular. Este enfoque permitió superar las limitaciones de información disponible y ofreció una base sólida para la proyección del TPDA en ausencia de datos más detallados.

“En caso de no contar con la información estadística, las proyecciones se harán en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustible.” (MTOP, 2003)

Tabla 19 Tasa de crecimiento geométrico para Gualaceo

AÑO	POBLACIÓN CENSAL	TASA % GEOMÉTRICO
2001	38587	
2010	42709	0.0113410
2020	43188	0.0011159
PROMEDIO	41495	0.00622844

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)

Una vez calculada la tasa de crecimiento poblacional mediante el método geométrico. Se puede calcular el TPDA de la siguiente manera:

$$Tf = Ta * (1 + i)^n$$

Donde:

$$Ta = \text{Tráfico actual}$$

$$i = \text{Tasa de crecimiento de trafico (tasa de crecimiento poblacional)}$$

$$n = \text{Numero de años proyectados}$$

Por lo tanto:

Tabla 20 Calculo de TPDA proyectado con tasa poblacional

TRAFICO PROYECTADO A 20 ANOS (2044)	Tf = Ta (1+i) ⁿ	Ta = TPDA	i = tasa pobla	n = anos a proy
	1116			

Fuente: Autor

En base a todos los datos recopilados témenos que el tráfico proyectado para el año 2044 es de 1116 vehículos.

3.4. ESALS

El LEF proporciona una forma de expresar los niveles equivalentes de daño entre ejes, pero también es útil evaluar el daño en términos del desgaste causado por un vehículo específico. En otras palabras, se suman los daños producidos por cada eje de un vehículo para determinar el daño total causado por el vehículo en su conjunto. De esta manera, surge el concepto de Factor de Camión (FC), que se define como el número de ESALs (Ejes de Carga Equivalente a un Eje de Carga) por vehículo. Este factor puede calcularse para cada categoría general de camiones o para todos los vehículos comerciales, promediando una configuración de tránsito específica. Sin embargo, es más preciso utilizar factores de camión para cada categoría general de camiones. (AASHTO, 1993)

$$LEF = \frac{\text{No. de ESALs de 80 KN que producen una pérdida de serviciabilidad}}{\text{No. de ejes de } x \text{ KN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

$$FACTOR\ CAMION = \frac{\text{No. de ESALs}}{\text{No. de camiones}}$$

Tabla 21 Calculo de factor camion por tipo de vehiculo

N°	TIPO DE VEHICULO	DISTRIBUCION MAXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCION	PESO MAX PERM (TON)	LONG. MAX PERM (m)	1 SIMPLE						2 TANDEM				3 TRIDEM		FACTOR CAMION
						Carga	LEF	Carga	LEF	carga	LEF	carga	LEF	carga	LEF	carga	LEF	
1	AUTOS					1	0.00043	1	0.0004255									0.001
4	2DB	2DB 	 CAMIÓN DE EJES GRANDES	10	11,20 2,60 4,10	7	0.56236	11	3.1997644									3.762

Fuente: MTOP

Para la tasa de crecimiento de cada vehículo, es necesario saber que proviene de un análisis de datos vehiculares disponible desde el año 2001 hasta el año 2014, con esto podemos saber cuánto podría ser la tasa de crecimiento para cada tipo de vehículo, que en este caso serían vehículos tipo: AUTOS Y 2DB, por lo cual se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 22 Porcentaje de crecimiento por tipo de vehículo

CLASIFICACION DE VEHICULOS							
A2				B			
TIPO	%	TPDA	ri	TIPO	%	TPDA	ri
VEHICULO	100	27100	4.47%	2DB	40	281	2.73%

Fuente: Autor

La obtención de estos parámetros se basa en datos de diseño y características de la vía, que son esenciales para calcular los ESALs (Ejes de Carga Equivalente a un Eje de Carga). Estos datos incluyen detalles sobre número de carriles, la confiabilidad necesaria según el tipo de vía y el tráfico proyectado. Posteriormente, se ajustan los cálculos para corregir desviaciones estadísticas, asegurando que las estimaciones reflejen con precisión las condiciones reales de uso y contribuyan a un diseño más eficiente y duradero de la carretera.

Tabla 23 Parámetros de cálculo de ESALS

Numero de Carriles	2.0	
Numero de Carriles c/direccion	1.0	
Periodo de Diseño	20.0	
% Confiabilidad	85.0	
CALCULO DE PARAMETROS	Zr	1.036
	porcentaje 1	0.5
	porcentaje 2	1.0
σ	0.05	

Fuente: Autor

Una vez recopilados todos los datos necesarios para el cálculo de los ESALS, se procede a obtenerlos mediante el siguiente método:

$$ESALS = TPDA * \%CP * GF * DD * LD * TF * 365$$

Donde:

$$TPDA = \text{Tránsito promedio diario anual}$$

$\%CP = \text{Porcentaje de camiones pesados}$

$GF = \text{Factor de crecimiento}$

$DD = \text{Factor de distribución direccional}$

$LD = \text{Factor de distribución por carril}$

$TF = \text{Factor de camiones}$

Para la corrección de los ESALS es usada la siguiente formula:

$$ESALS \text{ CORREGIDOS} = 10^{\sigma - Zr} * ESALS \text{ DISEÑO}$$

Tabla 24 Calculo de ESALS

ESALS						
TIPO DE VEHICULO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	ESALS DISEÑO	ESALS CORREGIDO
	A	B	C	D	E	
Livianos	671	0.001	0.0447	31.97	3331.4	3753.65125
Camiones 2 ejes 6 ruedas	216	3.762	0.0273	26.49	3928969.1	4426905.8
Camiones 3 o mas ejes	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total	887				TOTAL DE ESALS	4'430'659

Fuente: Autor

Como resultado se tiene que el número de ESALS es: 4'430.659,00

3.5. Diseño de Pavimento flexible

Para este diseño, se ha dividido el proyecto en dos secciones. Como se mencionó anteriormente, los primeros 2 km requieren un reemplazo de la subrasante debido al bajo valor de CBR obtenido, por ello se diseñará esos km con su respectivo reemplazo de subrasante.

3.5.1. Daño relativo (Uf)

Para el cálculo de este parámetro es necesario sacar el módulo resiliente (MR), el cual es calculado de la siguiente forma:

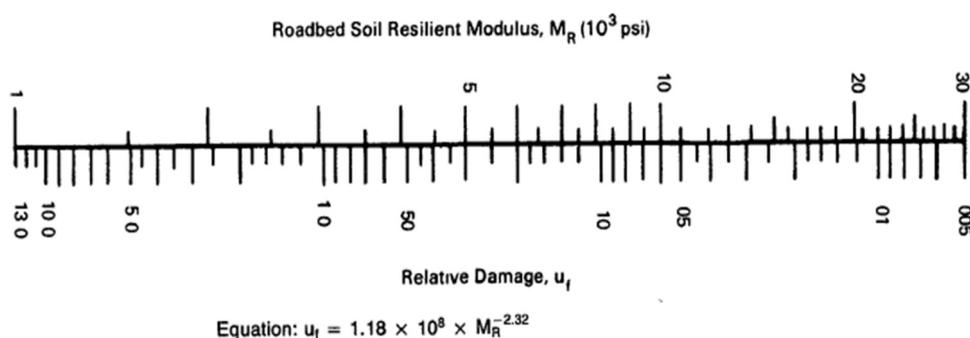
Figura 42 Ecuación para el cálculo del módulo resiliente

$$\begin{array}{ll} MR = 1500(CBR) & \text{CBR} < 10\% \\ MR = 3000(CBR)^{0.65} & 10\% < \text{CBR} < 20\% \\ MR = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241 & \text{Suelos granulares} \end{array}$$

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

En el diseño de pavimentos según la AASHTO 93, se incluye una figura que muestra la relación entre el módulo resiliente y el daño relativo, incluyendo una ecuación para poder determinar este parámetro.

Figura 43 Ábaco para la determinación del Daño Relativo



Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

Dado que se requiere reemplazar la subrasante en el primer tramo, se asume un CBR del 6% para este segmento. En el segundo tramo, se utilizan los datos específicos obtenidos en el laboratorio.

Tabla 25 Daño relativo del primer tramo

CBR al 95%	
CBR calicata 1	1.1 %
CBR calicata 2	3.46 %
Se necesita cambiar el material de subrasante	
CBR a usar	6 %
MR	9000
Daño Relativo	
Uf	0.0791

Fuente: Autor

Tabla 26 daño relativo del segundo tramo

Calicata	CBR	MR	Daño Relativo Uf
3	7.18	10770	0.05214
4	10.52	13849.42	0.02909
Σuf			0.081
Uf Promedio			0.041
Mr FINAL			11994.1

Fuente: Autor

3.5.2. Parámetros de confiabilidad

Para determinar los parámetros de confiabilidad, se utilizó la siguiente tabla, en donde se determinó la confiabilidad en un 85% ya que es una vía colectora en una zona rural.

Tabla 27 Confiabilidad Recomendada

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-99
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

Con la confiabilidad definida se obtuvo la desviación normal estándar Z_R

Tabla 28 desviación normal estándar

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Z _R
50	0.000
60	0.253
70	0.524
75	0.674
80	0.841
85	1.037
90	1.282
91	1.340
92	1.405
93	1.476
94	1.555
95	1.645
96	1.751
97	1.881
98	2.054
99	2.327
99.9	3.090
99.99	3.750

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

3.5.3. Parámetros de serviciabilidad

Para calcular el parámetro de serviciabilidad en un pavimento flexible de construcción nueva, se aplicaron los principios de diseño establecidos por la AASHTO. Según estos principios, la serviciabilidad inicial P_o es de 4.5 y la serviciabilidad final P_f es de 2.5, obteniendo así su pérdida de serviciabilidad S_o de 1.7.

3.5.4. Coeficientes estructurales

La AASHTO establece diversas relaciones mediante las cuales es posible determinar tanto el módulo de elasticidad del material como sus coeficientes estructurales respectivos basados en el CBR (California Bearing Ratio).

Para determinar los coeficientes a_2 y a_3 correspondientes al coeficiente de base y subbase, respectivamente, se utilizan relaciones específicas establecidas en el diseño de la AASHTO, estas relaciones permiten calcular estos coeficientes en función del parámetro de CBR, en base a la (MOP , 2002) se define que para subbase el % de CBR debe ser mayor o igual al 30%, mientras que para base este parámetro debe ser mayor o igual al 80%.

Por otro lado, para el parámetro a_1 correspondiente al coeficiente estructural del asfalto, se requiere conocer el módulo elástico de este material, el cual se determinó que es de 350,000 PSI (libras por pulgada cuadrada).

Figura 44 Determinación de coeficiente estructural a_1

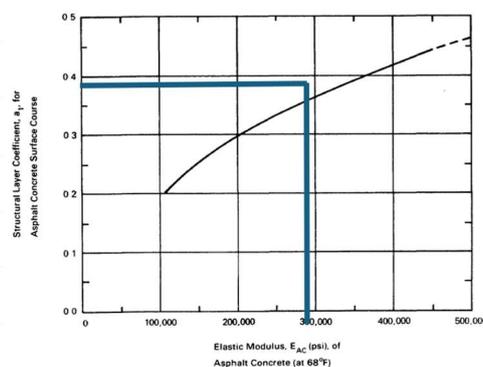


Figure 2.5. Chart for Estimating Structural Layer Coefficient of Dense-Graded Asphalt Concrete Based on the Elastic (Resilient) Modulus (E)

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

Figura 45 Determinación de coeficiente estructural a2

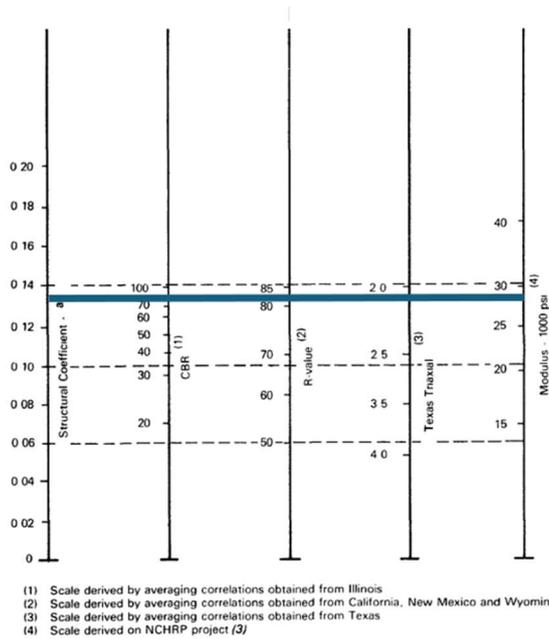


Figure 2.6. Variation in Granular Base Layer Coefficient (a_2) with Various Base Strength Parameters (3)

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

Figura 46 Determinación de coeficiente estructural a3

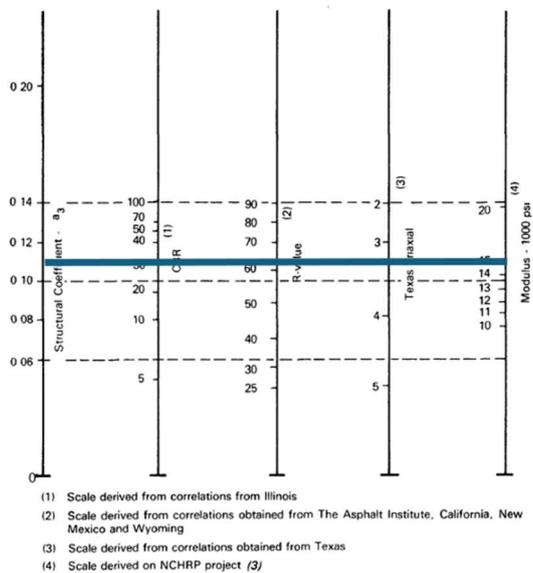


Figure 2.7. Variation in Granular Subbase Layer Coefficient (a_3) with Various Subbase Strength Parameters (3)

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

Tabla 29 Coeficientes estructurales calculados

	% CBR	E (psi)	ai
Pavimento flexible	-	350000	0.40
Base	80	28550	0.134
Subbase	30	14690	0.107

Fuente: Autor

3.5.5. Coeficiente de drenaje

Para calcular los coeficientes de drenaje, se consideró la presencia de varias quebradas en la comunidad donde se puede canalizar el agua, lo cual asegura un buen nivel de drenaje. Además, se anticipa que el pavimento estará expuesto a niveles de exposición entre 1 - 5%. Basándose en estas consideraciones, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 30 Selección de la Calidad de drenaje

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Fuente: (AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993)

3.5.6. Cálculo del número estructural requerido

Una vez se dispongan de todos los parámetros necesarios para calcular el número estructural requerido, se sustituyen en la fórmula correspondiente y se obtienen los números estructurales, y con esto se puede calcular los espesores finales del pavimento flexible, tanto para el tramo 1 como para el tramo 2.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Tabla 31 Cálculo de espesores de pavimento flexible (tramo 1)

Diseño tramo 1										
CAPAS	mi	ai	Modulos	SN	SN (por capa)	Espesor (in)	Espesor * (in)	SN*	Espesor (cm)	Espesor final
Pavimento flexible	0	0.400	350000	2.55	2.55	6.373	7.000	2.801	17.780	18
Base	1.25	0.134	28550	3.29	0.74	2.921	2.36	0.395	5.994	15
SUB BASE	1.25	0.107	14690	3.96	0.67	6.262	4.72	0.631	11.989	15
SUBRASANTE			9000		3.96			3.83		48

Fuente: Autor

Tabla 32 Cálculo de espesores de pavimento flexible (tramo 2)

Diseño tramo 2										
CAPAS	mi	ai	Modulos	SN	SN (por capa)	Espesor (in)	Espesor * (in)	SN*	Espesor (cm)	Espesor final
Pavimento flexible	0	0.40	350000	2.55	2.55	6.37	7	2.80	17.78	18
Base	1.25	0.134	28550	3.29	0.74	2.92	2.36	0.40	5.99	15
SUB BASE	1.25	0.107	14690	3.56	0.27	2.52	1.97	0.26	5.00	15
SUBRASANTE			11994.139		3.56			3.46		

Fuente: Autor

Tabla 33 Espesores del Pavimento flexible para el proyecto

Espesores finales (cm)		
TRAMO	1	2
Pavimento flexible	18	18
Base	15	15
Subbase	15	15
Subrasante	48	-

Fuente: Autor

3.6. Estructuras de evacuación de Aguas Pluviales

3.6.1. Cunetas

3.6.1.1. Curvas IDF

Se diseñó un estudio para calcular las curvas de Distribución de Frecuencias (IDF). En primer lugar, se recopilaron datos históricos de precipitación máxima en 24 horas de la estación meteorológica más cercana al proyecto, identificada como la estación M139 llamada "Gualaceo". Se obtuvieron registros desde el año 1983 hasta el 2013 para garantizar un análisis representativo de las condiciones climáticas locales.

Basado en los datos de precipitación máxima en 24 horas anuales, se llevó a cabo el cálculo utilizando el método de Gumbel para determinar las precipitaciones máximas y las intensidades de lluvia correspondientes a diferentes períodos de duración. Este método permitió obtener intensidades de lluvia en milímetros y duraciones en minutos para varias frecuencias (en años), lo que resultó en la formulación de la ecuación de intensidad.

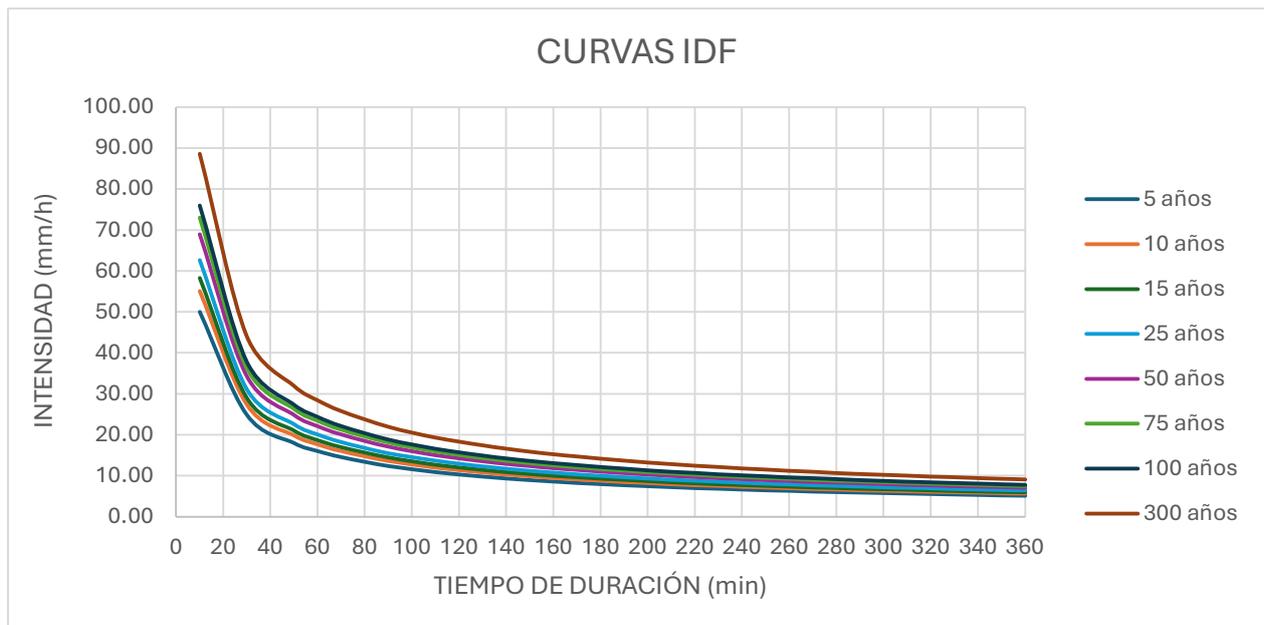
Figura 47 Ecuación de intensidad válida para la cuenca de estudio

$$I = \frac{172.0188 * T^{0.139571}}{0.63383}$$

Fuente: Autor

Una vez determinada la ecuación de intensidad mediante el método de Gumbel, se procedió a calcular las intensidades correspondientes para diferentes frecuencias de retorno. Estos cálculos proporcionaron las curvas de Distribución de Frecuencias (IDF) válidas para la cuenca de estudio.

Figura 48 Curvas IDF de la Cuenca del Proyecto



Fuente: Autor

Para determinar el tiempo de concentración, se aplicó la metodología de Kirpich, especialmente adecuada para pendientes empinadas (entre 3% y 10%). Esta metodología estima el tiempo de concentración basándose en la longitud del canal y su pendiente. El tiempo de concentración calculado es crucial para evaluar la respuesta hidrológica de la cuenca durante eventos de precipitación, proporcionando información esencial para el diseño hidráulico y la gestión de riesgos en áreas con pendientes pronunciadas. (Kirpich, 1940)

Figura 49 Ecuación del tiempo de concentración según Kirpich

$$t_c = \frac{0.000325 L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Fuente: (Kirpich, Time of concentration of small agricultural watersheds, 1940)

Figura 50 Cálculo del tiempo de concentración

Cota más alta	2468.9	msnm
Cota más baja	2447.52	msnm
Longitud del cauce principal	4054	m
So	0.0052738	m/m
Tc	1.469	horas

Fuente: Autor

Una vez determinado el tiempo de concentración para la cuenca utilizando la metodología de Kirpich, se procedió al cálculo de la intensidad de precipitación para un periodo de retorno de 25 años, mediante las curvas IDF. Los resultados indicaron una intensidad de precipitación de 15.80 mm/h. Este valor es crucial para el diseño hidráulico.

3.6.1.2. Aporte

Para calcular el caudal de aporte en los diferentes tramos de cunetas de la vía en estudio, es esencial determinar el coeficiente de escorrentía adecuado. Para ello, se utiliza como referencia el libro "Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems" , que

proporciona los coeficientes correspondientes para diversos tipos de terreno, en este caso, para pavimento se tiene un coeficiente de escurrimiento de 0.7.

Figura 51 Coeficientes de escorrentía

TABLE 5.5: Normal Range of Runoff Coefficients*

Character of Surface (1)	Runoff Coefficients (2)
Pavement	
Asphalt and Concrete	0.70 to 0.95
Brick	0.70 to 0.85
Roofs	0.75 to 0.95
Lawns, Sandy Soil	
Flat (2 percent)	0.05 to 0.10
Average (2 to 7 percent)	0.10 to 0.15
Steep (>7 percent)	0.15 to 0.20
Lawns, Heavy Soil	
Flat (2 percent)	0.13 to 0.17
Average (2 to 7 percent)	0.18 to 0.22
Steep (>7 percent)	0.25 to 0.35

*The range of "C" values presented are typical for return periods of 2–10 years. Higher values are appropriate for larger design storms.

Fuente: (ASCE, Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems, 1992)

3.6.1.3. Método Racional

Para calcular el caudal aportado por las precipitaciones, se utiliza el método racional. Esta ecuación se basa en el área de aporte (Ha), el coeficiente de escorrentía y la intensidad correspondiente (mm/h).

$$Q = \frac{C * I * A}{360}$$

Para el diseño de las cunetas del proyecto, la vía en estudio se ha dividido en once tramos debido a razones de descarga de aguas pluviales y las características de pendiente del terreno. Se procede a ejemplificar el cálculo utilizando uno de estos tramos, específicamente aquel donde se registra el mayor caudal de diseño.

Tramo 2

Abscisa: 0+050 – 0+690

Longitud: 640 m

Ancho de carril: 3 m

Área de aportación por el ancho de carril: 1920 m²

Área total: 0.192 Ha

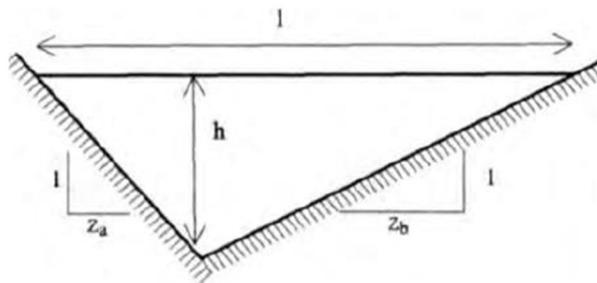
Coefficiente de Escorrentía: 0.7

$$Q = \frac{0.7 * 15.80 * 0.624}{360} = 0.0059 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.6.1.4. Dimensionamiento de la cuneta

Con el caudal calculado mediante el método racional, se procede a imponer una altura "h" y las respectivas relaciones de taludes según la normativa NEVI 12, utilizando la figura proporcionada, además de utilizar las ecuaciones proporcionadas en esta misma normativa.

Figura 52 Relación de altura y espaciamento de cuneta



Fuente: (NEVI 12, Norma para Estudios y Diseños Viales, 2013)

Debido a que la cuneta tiene una sección triangular, se adoptan taludes Z_a y Z_b de 1:0.25 y 1:4 respectivamente. Se establece una altura de 0.20 metros para asegurar la funcionalidad de la cuneta. Posteriormente, se verifica las dimensiones de la cuneta utilizando la ecuación de Manning, que se basa en el área, el perímetro mojado y la pendiente del tramo en estudio (la cual se obtiene de las cotas del terreno y la longitud del tramo).

$$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2} = \frac{(0.25 + 4) * 0.2^2}{2} = 0.085 \text{ m}^2$$

$$P = \left(\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2} \right) * h = \left(\sqrt{1 + 0.25^2} + \sqrt{1 + 4^2} \right) * 0.2 = 1.030 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.015} * \left(\frac{0.085^5}{1.030^2} \right)^{\frac{1}{3}} * 0.07^{\frac{1}{2}} = 0.281$$

Se procede a realizar una verificación para confirmar la precisión de las dimensiones calculadas. Esta verificación implica comparar el caudal que puede transportar la cuneta con el caudal que efectivamente aportará la cuneta diseñada, obteniendo así una utilización de la cuneta del 2.23%. Este tramo es el más crítico debido a la combinación entre pendiente y longitud, por lo que se comprueba que este predimensionamiento de la cuneta está correcto.

Para finalizar este cálculo, se determina el ancho superficial de la cuneta basándose en la fórmula establecida por la normativa NEVI 12.

$$I = (z_a + z_b) * h = (0.25 + 4) * 0.2 = 0.85 \text{ m}$$

En donde se establece un ancho de cuneta de 0.85 m y una altura de 0.2 m, a esto se le suman 0.15 m de bordillo para completar 1 m de ancho.

3.6.2. Alcantarillas de alivio

El caudal aportado por las cunetas debe ser evacuado a cierta distancia generalmente cada 500 m. Considerando la topografía de nuestra área, en el proyecto se han instalado cuatro alcantarillas de alivio en los puntos más estratégicos para retirar el agua de la calzada, esto debido a que a lo largo del proyecto hay varias quebradas que ya cuentan con su estructura de evacuación de agua y se ha visto que no es necesario ocupar más de estas, pues el agua que se transportan en las cunetas en dichos tramos ya se evacúan en estas estructuras.

Nuestras alcantarillas de alivio se basan en la estructura de entrada comúnmente conocida como "poceta" o "lavadero", junto con la correspondiente tubería transversal y la estructura de salida. Tanto las estructuras de entrada como las de salida se han diseñado considerando las dimensiones más adecuadas en relación con las medidas de nuestras cunetas y el caudal de entrada y salida.

Las dimensiones de estas estructuras, así como su ubicación se encontrarán en los anexos.

3.6.3. Cabezales

Es una estructura de alivio hidráulico esencial para la gestión de las quebradas presentes en el proyecto, se prioriza la eficiente conducción y disipación del caudal excedente. Este cabezal actúa como un punto para desviar el flujo de aguas durante periodos de alta intensidad, protegiendo así la infraestructura y minimizando el riesgo de erosión y daños a las zonas adyacentes de la estructura vial. La estructura está compuesta por una entrada reforzada que capta el agua de manera eficiente, una cámara de transición que facilita la desaceleración del caudal, y una salida diseñada para dispersar el agua de forma controlada y segura. Su diseño se basa en una estructura de hormigón armado, el cual incorpora un ARMICO (tubería metálica corrugada) para asegurar su durabilidad y efectividad en diversas condiciones hidráulicas.

En los anexos se presentará las dimensiones de esta estructura, así como su ubicación.

3.6.3.1. Subdren

Es un sistema de drenaje subterráneo diseñado para recolectar y transportar aguas subterráneas o infiltradas hacia un punto de descarga o tratamiento. Este sistema se compone generalmente de tuberías perforadas o ranuradas, rodeadas por un material filtrante como grava o arena, que permite la entrada del agua mientras retiene los sedimentos y partículas.

Para el proyecto, esta estructura resulta crucial debido a la notable acumulación de agua detectada en el último tramo de la vía (pasando la comunidad de Llintig). Por esta razón, se ha optado por la implementación de una estructura equipada con un subdren, diseñado para canalizar estas aguas hacia un río situado 50 metros más abajo de esta área crítica. Esta medida tiene como objetivo reducir el riesgo de deslizamientos de tierra y proteger las estructuras y pavimentos contra los daños ocasionados por el agua, asegurando así la estabilidad y la integridad de la infraestructura afectada.

En los anexos se presentará las dimensiones de esta estructura, así como su ubicación.

3.7. Diseño Geométrico

El diseño de una carretera abarca la definición del trazado y la disposición espacial de la vía en función de las características del terreno. Este proceso considera parámetros críticos como la comodidad, la seguridad y la funcionalidad, entre otros. El diseño geométrico se desarrolla en dos fases distintas: primero, se realiza un levantamiento topográfico en el campo para recopilar datos sobre las condiciones del terreno y los puntos de alineación de la vía. Posteriormente, en la fase de oficina, se efectúan los cálculos y se confecciona el diseño geométrico basado en la información recopilada.

3.7.1. Alineamiento Horizontal

3.7.1.1. Velocidad de diseño

Es la velocidad máxima a la que los vehículos pueden transitar de manera segura en una carretera bajo condiciones atmosféricas y de tráfico favorables. Esta velocidad se determina considerando las características físicas y topográficas del terreno, la importancia de la carretera, el volumen de tránsito y el uso del suelo, con el objetivo de maximizar la seguridad, eficiencia y movilidad de los vehículos. La velocidad establecida se utiliza para calcular los elementos geométricos de la vía, tanto para el alineamiento horizontal como vertical. (MTOP, 2003)

Tabla 34 Velocidades de diseño

CATEGORIA DE LA VIA		TPDA ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H											
			BÁSICA				PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES							
			RELIEVE LLANO				RELIEVE ONDULADO				RELIEVE MONTAÑOSO			
			Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad		Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad	
			Recomendada		Absoluta		Recomendada		Absoluta		Recomendada		Absoluta	
R-I o R-II(TIPO)		>8000	120	110	100	96	110	90	95	85	90	80	90	90
I	TODOS	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	80	80	80
II	TODOS	1000-8000	100	90	90	86	90	80	85	80	70	50	70	50
III	TODOS	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	40
IV	5.5E, 6 y 7	100-300	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	25
V	4 y 4E	<100	60	50	80	50	50	35	50	35	40	25	40	25

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

En relación con la velocidad de diseño del proyecto, se siguió la tabla presentada por la MTO y se ha seleccionado una velocidad de 40 km/h siendo esta la velocidad absoluta. Esta elección se basa en la evaluación de la Topografía de Proyecto de Diseño de Aceleración (TPDA) y las características específicas del terreno, que en este caso corresponde a una topografía montañosa. La decisión de establecer esta velocidad responde a la necesidad de garantizar la seguridad y la funcionalidad de la carretera, considerando la complejidad del terreno y las demandas de tránsito esperadas. La velocidad de diseño elegida asegura un equilibrio entre el rendimiento óptimo de la vía y las condiciones geométricas adecuadas para su alineamiento y configuración en un entorno montañoso.

3.7.1.2. Radio mínimo de curva

Para poder escoger el radio mínimo de curva, la elección se basó en una tabla de la MTO, esta tabla halla un radio mínimo de curva en función de la velocidad de diseño y del peralte. Debido a que aun el peralte no se encuentra calculado el radio mínimo estará dado por el peralte

máximo presentado en la tabla de “valores de diseño recomendado para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción” presentada también por la MTOP.

Tabla 35 Valores de diseño recomendado para carreteras de dos carriles y caminos vecinales de construcción

NORMAS		CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾											
		RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA								
		LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H.)		110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽⁹⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽⁹⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽⁹⁾
Radio mínimo de curvas horizontales (m)		430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	30	20 ⁽⁹⁾	110	75	42	75	30	20 ⁽⁹⁾
Distancia de visibilidad para parada (m)		180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)		630	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110	290	210	150	210	150	110
Peralte		MÁXIMO = 10%																																			
Coeficiente “K” para: ⁽⁵⁾		0,5%																																			
Curvas verticales convexas (m)		80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)		43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal ⁽⁸⁾ máxima (%)		3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)		0,5%																																			
Ancho de pavimento (m)		7,3		7,3		7,0		6,70		6,70		6,00		6,00		6,00		6,00		4,00 ⁽⁸⁾		4,00 ⁽⁸⁾		4,00 ⁽⁸⁾		4,00 ⁽⁸⁾		4,00 ⁽⁸⁾		4,00 ⁽⁸⁾							
Clase de pavimento		Carpeta Asfáltica y Homogón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B. Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado											
Ancho de espaldones ⁽⁹⁾ estables (m)		3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---											
Gradiente transversal para pavimento (%)		2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0											
Gradiente transversal para espaldones (%)		2,0 ⁽⁹⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---											
Curva de transición		USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																			
Puentes		Carga de diseño HS - 20 - 44, HS - MOP, HS - 25																																			
Ancho de la calzada (m)		SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																			
Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾		0,50 m mínimo a cada lado																																			
Mínimo derecho de vía (m)		Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																			

Fuente: (MTOP, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

Según la velocidad de diseño que es de 40km/h el peralte máximo seleccionado y dado por la MTOP es de 10%, sin embargo, para este caso se usara un peralte máximo del 6% debido a que en esta carretera circulan buses, y un peralte muy grande puede llegar a desestabilizar estos tipos de vehículos ya que cuentan con una altura elevada, esta decisión llega debido a la decisión de precautelar la seguridad en las maniobras de giro.

Ahora una vez definido la velocidad de diseño, podemos pasar a ver cuál sería el coeficiente de fricción según la siguiente tabla:

Tabla 36 Coeficiente de fricción en función de velocidad de diseño

Velocidad de Diseño km/h	"f" maximo	RADIO MINIMO CALCULADO				RADIO MINIMO RECOMENDADO			
		e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04
20	0.350		7.32	7.58	8.08		18	20	20
25	0.315		12.48	13.12	13.66		20	25	25
30	0.284		19.47	20.50	21.67		25	30	30
35	0.255		26.79	30.02	32.7		30	35	35
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	40	50
45	0.200		55.75	59.94	64.82		58	60	65
50	0.165		72.91	78.74	86.69		75	80	90
60	0.185	105.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.150	154.35	187.75	189.73	203.07	160	170	185	205
80	0.140	209.97	229.95	251.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.55	298.94	328.70	366.55	275	300	330	320
100	0.130	342.35	374.95	414.42	465.16	350	375	415	465
110	0.124	425.34	467.94	517.80	550.95	430	470	520	585
120	0.120	515.39	588.93	629.92	708.85	520	570	630	710

Fuente: (MTOP, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

Dándonos como resultado un coeficiente de fricción "f" de 0.221.

Una vez determinados todos estos parámetros procedemos con el cálculo del radio mínimo de curva.

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 * (e + f)} = \frac{40^2}{127 * (6\% + 0.221)} = 44.83$$

3.7.1.3. Distancia de frenado

En este apartado ya que al ser una vía de tipo o relieve montañoso el cálculo precede del uso de la pendiente o gradiente de terreno denominada como "G".

Para la distancia de frenado se optó por ocupar la pendiente más crítica observada en el terreno, esta pendiente tiene un valor del 12%, con este valor se procederá a calcular el valor de la distancia de frenado.

$$D. \text{ frenado} = \frac{V_c^2}{254 * (f \pm G)}$$

$$D. \text{ frenado} = \frac{40^2}{127 * (0.221 \pm 12\%)} = 62.37m(\text{de bajada}) \text{ y } 18.47m(\text{de subida})$$

3.7.1.4. Distancia de visibilidad en curvas horizontales

Las distancias de visibilidad en las curvas horizontales se determinan mediante una fórmula que utiliza variables calculadas en etapas previas, como la distancia de frenado y el radio mínimo de curvatura. No obstante, debido a que la topografía y las construcciones existentes no permiten expandir mucho los radios de curva, se ha decidido optar por un radio de curvatura diferente al mínimo calculado originalmente. En lugar de utilizar el radio mínimo, se aplicará el radio crítico observado en el terreno, que es de 9.88 metros. Por lo tanto:

$$m = Rc * \left(1 - \cos \left(\frac{28.65 * Dp}{Rc} \right) \right)$$

$$m = 9.88 * \left(1 - \cos \left(\frac{28.65 * 62.37}{9.88} \right) \right) = 7.78m$$

3.7.1.5. Distancia de visibilidad lateral

Este valor está dado por una ecuación la cual tiene como variable la velocidad promedio de un peatón, esta velocidad está indicada por la MTOP como 10 km/h. Una vez tomado en cuenta este dato se puede proceder al cálculo.

$$dL = \frac{Vt}{Vv} * d$$

$$dL = \frac{10}{40} * 62.37 = 15.59 m$$

3.7.1.6. Distancia de visibilidad de rebasamiento

La distancia de visibilidad requerida para el rebasamiento se calcula según la longitud de carretera necesaria para completar la maniobra de adelantamiento de manera segura. Aunque es posible que ocurran múltiples adelantamientos simultáneos, no es práctico considerar esta situación; por lo general, se evalúa el caso en el que un único vehículo adelanta a otro. (MTOP, 2003). En este diseño se utilizará una tabla proporcionada por la norma antes mencionada.

Tabla 37 Distancia mínima de visibilidad para rebasamiento

DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO				
V _o , Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

Fuente: (MTO, Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, 2003)

Ya que nuestra no se trata de una carretera principal se usará el valor mínimo recomendado; dándonos así una distancia mínima de visibilidad de rebasamiento de 150 m (dr=150m).

3.7.1.7. Curvas Calculadas

Una vez que ya se hayan obtenido todos los parámetros de diseño se puede avanzar al cálculo de los elementos de las curvas horizontales, se mostrara como ejemplo de cálculo la curva número 1 y el mismo método de cálculo es aplicado para las otras 51 curvas.

Cuerda larga:

$$Cl = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 2 * 15 * \text{sen} \left(\frac{0.594}{2} \right) = 8.78 \text{ m}$$

Tangente:

$$T = R * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 15 * \tan\left(\frac{0.594}{2}\right) = 4.59 \text{ m}$$

G. Curva:

$$Gc = \frac{360 * CL}{2 * PI * R} = \frac{360 * 8.78}{2 * PI * 15} = 33.53 \text{ grados}$$

L. Curva Circular:

$$L = \frac{Lc * \Delta}{G} = \frac{8.78 * 0.594}{33.53} = 8.91 \text{ m}$$

Ordenada mediana:

$$M = R * \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right) = 15 * \left(1 - \cos\left(\frac{0.594}{2}\right)\right) = 0.66 \text{ m}$$

Externa:

$$E = R * \left(\left(\frac{1}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)}\right)\right) - 1 = 0.69 \text{ m}$$

Deflexion Por Metro:

$$D. m = \frac{Gc}{2 * Lc} = \frac{33.53}{2 * 8.78} = 1.91 \frac{1}{m}$$

Deflexión por unidad de cuerda:

$$D. c = \frac{Gc}{2} = \frac{33.53}{2} = 16.77 \frac{1}{\text{cuerda}}$$

Principio de curva

$$PC = PI - T = 17.69 - 4.59 = 13.10$$

Principio de tangente

$$PT = PC + L = 13.10 + 8.91 = 22.01$$

Punto medio de curva

$$PM = \frac{PC + PT}{2} = \frac{13.10 + 22.01}{2} = 17.55$$

Tabla 38 Curvas horizontales Pt 1

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
NUEMERO DE CURVA	DELTA	RADIO	T	L	CL	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE	DIRECCION
PI1	34.03	15.00	4.59	8.91	8.78	0.69	0.66	0+017.69	0+013.10	0+022.01	9677660.13	745795.66	S39° 55' 17"W
PI2	25.43	27.15	6.12	12.05	11.95	0.68	0.67	0+100.44	0+094.31	0+106.36	9677583.66	745763.34	S35° 37' 19"W
PI3	30.28	92.46	25.02	48.87	48.30	3.33	3.21	0+153.75	0+128.73	0+177.60	9677548.08	745723.36	S33° 11' 38"W
PI4	31.70	24.72	7.02	13.68	13.50	0.98	0.94	0+229.60	0+222.58	0+236.25	9677474.86	745699.50	S33° 54' 09"W
PI5	23.29	183.27	37.77	74.49	73.98	3.85	3.77	0+306.13	0+268.37	0+342.86	9677425.17	745640.80	S61° 23' 48"W
PI6	3.00	45.00	1.18	2.36	2.36	0.02	0.02	0+493.67	0+492.49	0+494.85	9677370.17	745460.43	S71° 32' 19"W
PI7	24.21	45.00	9.65	19.01	18.87	1.02	1.00	0+554.43	0+544.78	0+563.79	9677349.42	745403.32	S82° 08' 21"W
PI8	9.11	45.00	3.59	7.16	7.15	0.14	0.14	0+599.10	0+595.51	0+602.67	9677352.75	745358.48	S89° 41' 08"W
PI9	26.65	45.00	10.66	20.93	20.74	1.24	1.21	0+637.49	0+626.83	0+647.76	9677349.49	745320.22	S71° 48' 21"W
PI10	35.28	45.00	14.31	27.71	27.27	2.22	2.12	0+696.68	0+682.37	0+710.08	9677318.34	745269.42	S40° 50' 31"W
PI11	107.83	16.29	22.35	30.66	26.33	11.37	6.70	0+769.22	0+746.87	0+777.53	9677250.83	745240.49	S30° 42' 48"E
PI12	13.23	45.00	5.22	10.39	10.37	0.30	0.30	0+815.81	0+810.59	0+820.99	9677245.16	745300.86	S78° 00' 40"E
PI13	47.90	85.27	37.87	71.28	69.23	8.03	7.34	0+905.52	0+867.64	0+938.93	9677216.52	745385.92	S47° 26' 43"E
PI14	23.12	98.64	20.18	39.80	39.53	2.04	2.00	0+973.60	0+953.42	0+993.23	9677149.99	745414.84	S11° 56' 12"E

Fuente: Autor

Tabla 39 Curvas horizontales Pt 2

PI15	6.71	45.00	2.64	5.27	5.27	0.08	0.08	1+013.02	1+010.38	1+015.65	9677110.02	745415.11	S3° 44' 00"E
PI16	6.66	45.00	2.62	5.23	5.23	0.08	0.08	1+054.09	1+051.47	1+056.70	9677069.26	745420.18	S3° 45' 29"E
PI17	34.96	118.79	37.42	72.49	71.37	5.75	5.49	1+158.29	1+120.87	1+193.37	9676965.06	745420.95	S17° 03' 20"W
PI18	38.10	109.67	37.87	72.93	71.59	6.35	6.01	1+247.94	1+210.08	1+283.00	9676889.28	745368.80	S53° 35' 12"W
PI19	162.21	10.37	66.24	29.35	20.48	56.68	8.76	1+388.57	1+322.33	1+351.67	9676846.47	745231.90	N26° 15' 30"W
PI20	164.96	9.88	74.87	28.45	19.59	65.64	8.59	1+470.68	1+395.81	1+424.26	9676953.12	745383.36	N27° 38' 03"W
PI21	37.09	99.85	33.50	64.65	63.52	5.47	5.19	1+502.02	1+468.52	1+533.17	9676900.63	745240.04	S51° 20' 11"W
PI22	39.72	45.00	16.25	31.19	30.57	2.84	2.68	1+559.78	1+543.53	1+574.72	9676850.09	745207.48	S12° 55' 53"W
PI23	41.20	109.04	40.99	78.42	76.74	7.45	6.97	1+632.10	1+591.11	1+669.53	9676777.00	745216.36	S13° 40' 34"W
PI24	6.22	45.00	2.45	4.89	4.89	0.07	0.07	1+734.96	1+732.51	1+737.40	9676689.06	745156.42	S31° 10' 00"W
PI25	63.17	55.56	34.16	61.25	58.19	9.66	8.23	1+847.49	1+813.33	1+874.58	9676589.75	745103.50	S59° 38' 20"W
PI26	32.35	18.07	5.24	10.20	10.07	0.74	0.72	1+888.53	1+883.29	1+893.49	9676590.78	745055.40	S75° 02' 55"W
PI27	44.15	39.23	15.91	30.23	29.49	3.10	2.88	1+920.81	1+904.90	1+935.13	9676573.95	745027.53	S80° 57' 02"W
PI28	78.84	12.97	10.66	17.85	16.47	3.82	2.95	1+954.76	1+944.10	1+961.95	9676581.96	744992.90	S63° 36' 18"W
PI29	72.84	11.28	8.32	14.34	13.40	2.74	2.20	1+992.42	1+984.10	1+998.44	9676544.44	744976.05	S12° 14' 06"E
PI30	94.01	58.13	62.35	95.38	85.04	27.11	18.49	2+099.74	2+037.39	2+132.77	9676472.02	745058.35	S1° 38' 49"E
PI31	26.02	17.90	4.14	8.13	8.06	0.47	0.46	2+152.95	2+148.82	2+156.94	9676414.03	744999.63	S32° 20' 57"W
PI32	23.11	11.97	2.45	4.83	4.80	0.25	0.24	2+188.05	2+185.60	2+190.43	9676380.77	744987.96	S30° 53' 45"W

Fuente: Autor

Tabla 40 Curvas horizontales Pt 3

PI33	25.16	51.80	11.56	22.75	22.57	1.27	1.24	2+281.82	2+270.25	2+293.01	9676311.54	744924.62	S55° 02' 04"W
PI34	21.42	70.39	13.31	26.31	26.16	1.25	1.23	2+330.49	2+317.18	2+343.49	9676292.86	744879.27	S56° 54' 27"W
PI35	22.20	45.00	8.83	17.43	17.32	0.86	0.84	2+372.23	2+363.40	2+380.84	9676263.76	744848.92	S57° 17' 50"W
PI36	46.51	22.31	9.59	18.11	17.62	1.97	1.81	2+408.44	2+398.86	2+416.97	9676250.34	744815.04	S45° 08' 31"W
PI37	39.26	27.58	9.83	18.89	18.53	1.70	1.60	2+437.60	2+427.76	2+446.66	9676222.30	744803.78	S41° 30' 56"W
PI38	72.34	68.20	49.87	86.12	80.51	16.29	13.15	2+704.54	2+654.67	2+740.79	9676093.10	744569.30	N82° 41' 03"W
PI39	89.27	17.25	17.03	26.87	24.24	6.99	4.97	2+828.35	2+811.32	2+838.19	9676187.67	744469.60	S88° 51' 06"W
PI40	110.57	41.02	59.20	79.15	67.43	31.00	17.66	2+919.22	2+860.02	2+939.18	9676117.39	744401.22	N80° 30' 07"W
PI41	131.66	11.72	26.12	26.94	21.39	16.91	6.92	3+008.28	2+982.16	3+009.10	9676233.47	744346.55	S88° 57' 06"W
PI42	65.38	29.28	18.79	33.41	31.63	5.51	4.64	3+075.36	3+056.57	3+089.98	9676148.51	744310.27	S55° 48' 36"W
PI43	40.50	45.00	16.60	31.81	31.15	2.96	2.78	3+130.96	3+114.36	3+146.17	9676146.94	744250.53	N71° 15' 05"W
PI44	29.03	36.05	9.33	18.27	18.07	1.19	1.15	3+167.43	3+158.10	3+176.37	9676170.77	744221.09	N65° 31' 02"W
PI45	23.01	54.63	11.12	21.94	21.79	1.12	1.10	3+216.20	3+205.08	3+227.02	9676179.28	744172.66	N68° 31' 44"W
PI46	70.96	10.41	7.42	12.89	12.08	2.37	1.93	3+275.81	3+268.39	3+281.28	9676211.89	744122.41	S87° 29' 53"W
PI47	23.03	210.98	42.97	84.79	84.22	4.33	4.24	3+363.99	3+321.02	3+405.80	9676156.42	744051.37	S63° 31' 57"W
PI48	49.67	27.16	12.57	23.55	22.82	2.77	2.51	3+559.45	3+546.88	3+570.43	9676105.68	743861.41	N80° 07' 02"W
PI49	51.38	11.56	5.56	10.37	10.02	1.27	1.14	3+583.19	3+577.62	3+587.99	9676120.11	743840.59	N80° 58' 03"W
PI50	38.03	69.71	24.02	46.27	45.43	4.02	3.80	3+754.40	3+730.38	3+776.65	9676070.82	743675.83	S54° 19' 43"W
PI51	65.74	56.17	36.30	64.45	60.97	10.71	8.99	3+944.87	3+908.57	3+973.02	9675913.95	743564.71	S68° 11' 01"W
PI52	35.89	9.72	3.15	6.09	5.99	0.50	0.47	4+036.77	4+033.62	4+039.71	9675933.13	743466.52	S83° 06' 27"W

Fuente: Autor

3.7.2. Alineamiento Vertical

Una vez que se han establecido todos los parámetros del alineamiento horizontal y se ha completado su diseño, se procede al alineamiento vertical. Este proceso incluye la determinación de parámetros clave como "m" y "n", que representan las diferencias de pendiente, así como el factor "K". Estos parámetros son esenciales para calcular la longitud de las curvas verticales. En este caso, se utilizó el software Civil 3D para realizar estos cálculos. El software proporciona un informe detallado con los parámetros calculados para todas las curvas verticales.

Tabla 41 Reporte curva 1

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+141.51	Elevation:	2,257.630m
PVI Station:	0+175.10	Elevation:	2,260.114m
PVT Station:	0+208.70	Elevation:	2,264.156m
Low Point:	0+141.51	Elevation:	2,257.630m
Grade in:	7.39%	Grade out:	12.03%
Change:	4.64%	K:	14.488m
Curve Length:	67.190m	Curve Radius	1,448.814m
Headlight Distance:	123.026m		

Fuente: Autor

Tabla 42 Reporte curva 2

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	0+335.35	Elevation:	2,279.395m
PVI Station:	0+361.32	Elevation:	2,282.520m
PVT Station:	0+387.30	Elevation:	2,283.010m
High Point:	0+387.30	Elevation:	2,283.010m
Grade in:	12.03%	Grade out:	1.88%
Change:	10.15%	K:	5.120m
Curve Length:	51.954m	Curve Radius	511.975m
Passing Distance:	178.362m	Stopping Distance:	91.467m

Fuente: Autor

Tabla 43 Reporte curva 3

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	0+751.62	Elevation:	2,289.875m
PVI Station:	0+761.48	Elevation:	2,290.061m
PVT Station:	0+771.33	Elevation:	2,290.568m
Low Point:	0+751.62	Elevation:	2,289.875m
Grade in:	1.88%	Grade out:	5.14%
Change:	3.26%	K:	6.054m
Curve Length:	19.713m	Curve Radius	605.383m
Headlight Distance:	153.631m		

Fuente: Autor

Tabla 44 Reporte curva 4

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	1+169.78	Elevation:	2,311.050m
PVI Station:	1+191.10	Elevation:	2,312.146m
PVT Station:	1+212.41	Elevation:	2,314.251m
Low Point:	1+169.78	Elevation:	2,311.050m
Grade in:	5.14%	Grade out:	9.88%
Change:	4.74%	K:	9.000m
Curve Length:	42.630m	Curve Radius	900.000m
Headlight Distance:	100.616m		

Fuente: Autor

Tabla 45 Reporte curva 5

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	1+946.72	Elevation:	2,386.781m
PVI Station:	1+971.50	Elevation:	2,389.229m
PVT Station:	1+996.28	Elevation:	2,390.312m
High Point:	1+996.28	Elevation:	2,390.312m
Grade in:	9.88%	Grade out:	4.37%
Change:	5.51%	K:	9.000m
Curve Length:	49.564m	Curve Radius	900.000m
Passing Distance:	305.573m	Stopping Distance:	145.457m

Fuente: Autor

Tabla 46 Reporte curva 6

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	2+606.58	Elevation:	2,416.983m
PVI Station:	2+616.81	Elevation:	2,417.430m
PVT Station:	2+627.05	Elevation:	2,418.110m
Low Point:	2+606.58	Elevation:	2,416.983m
Grade in:	4.37%	Grade out:	6.64%
Change:	2.27%	K:	9.000m
Curve Length:	20.467m	Curve Radius	900.000m
Headlight Distance:	422.402m		

Fuente: Autor

Tabla 47 Reporte curva 7

Vertical Curve Information:(sag curve)			
PVC Station:	3+068.05	Elevation:	2,447.411m
PVI Station:	3+077.99	Elevation:	2,448.072m
PVT Station:	3+087.92	Elevation:	2,449.061m
Low Point:	3+068.05	Elevation:	2,447.411m
Grade in:	6.64%	Grade out:	9.96%
Change:	3.31%	K:	6.000m
Curve Length:	19.874m	Curve Radius	600.000m
Headlight Distance:	148.651m		

Fuente: Autor

Tabla 48 Reporte curva 8

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	3+340.54	Elevation:	2,474.213m
PVI Station:	3+350.10	Elevation:	2,475.165m
PVT Station:	3+359.67	Elevation:	2,475.934m
High Point:	3+359.67	Elevation:	2,475.934m
Grade in:	9.96%	Grade out:	8.04%
Change:	1.91%	K:	10.000m
Curve Length:	19.127m	Curve Radius	1,000.000m
Passing Distance:	818.053m	Stopping Distance:	357.025m

Fuente: Autor

Tabla 49 Reporte curva 9

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	3+587.10	Elevation:	2,494.229m
PVI Station:	3+606.01	Elevation:	2,495.750m
PVT Station:	3+624.91	Elevation:	2,495.841m
High Point:	3+624.91	Elevation:	2,495.841m
Grade in:	8.04%	Grade out:	0.48%
Change:	7.56%	K:	5.000m
Curve Length:	37.806m	Curve Radius	500.000m
Passing Distance:	223.416m	Stopping Distance:	106.796m

Fuente: Autor

Tabla 50 Reporte curva 10

Vertical Curve Information:(crest curve)			
PVC Station:	3+650.59	Elevation:	2,495.965m
PVI Station:	3+669.38	Elevation:	2,496.056m
PVT Station:	3+688.16	Elevation:	2,494.735m
High Point:	3+653.01	Elevation:	2,495.971m
Grade in:	0.48%	Grade out:	-7.03%
Change:	7.51%	K:	5.000m
Curve Length:	37.563m	Curve Radius	500.000m
Passing Distance:	224.616m	Stopping Distance:	107.242m

Fuente: Autor

3.7.3. Sobreancho

Tal y como sucedía con el alineamiento horizontal este diseño cuenta con 52 curvas por lo que se mostrara el cálculo de sobreancho de la curva más crítica.

Para el cálculo de los sobreanchos se ha optado por usar la longitud de un bus, el cual cuenta con 7 metros desde la parte frontal hasta el eje trasero. Este bus entra en la categoría 2BD de la tabla de vehículos tipo de la norma MTOP. La decisión de usar este vehículo con dichas medidas se basa en que la vía de diseño cuenta con un flujo considerable de este tipo de vehículos.

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

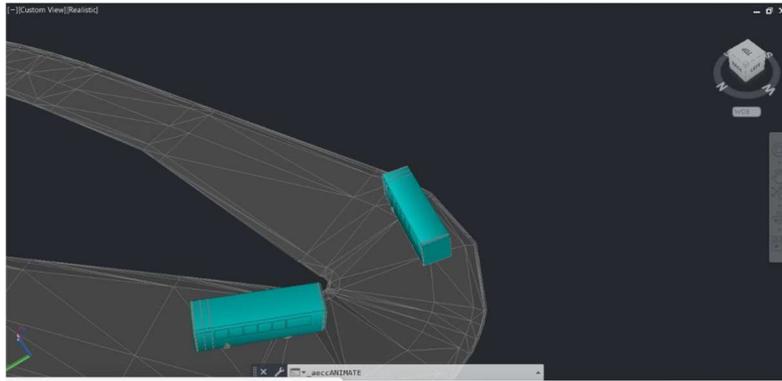
$$S = 2 \left(9.88 - \sqrt{9.88^2 - 7^2} \right) + \frac{40}{10 * \sqrt{9.88}}$$

$$S = 7.1 \text{ m}$$

El resultado obtenido es de 7.1 m, sin embargo, cada peralte va a estar ajustado a las limitaciones físico-geográficas que se encuentran en la vía, al ser una readecuación y no un diseño en terreno nunca intervenido existen infraestructuras que restringen el uso de todo el espacio requerido y es por esta razón que los sobreanchos estarán ajustados hasta su máximo valor mientras que el entorno lo permita, si no es así, el sobreancho se lo elaborara hasta donde exista disponibilidad.

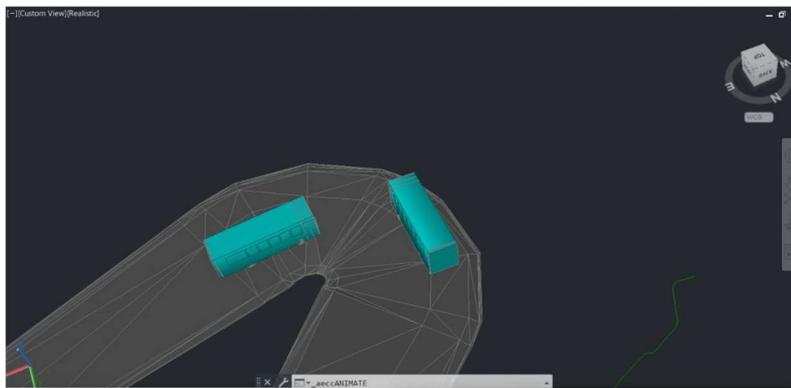
Comprobación de sobreancho en la curva más crítica con Civil 3D y su Extensión de modelado de vehículos en 3D “Vehicle Tracking”

Figura 53 Vehicle Tracking P1



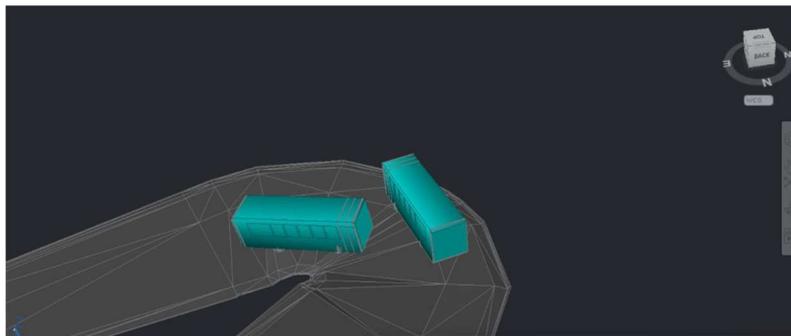
Fuente: Autor

Figura 54 Vehicle Tracking P2



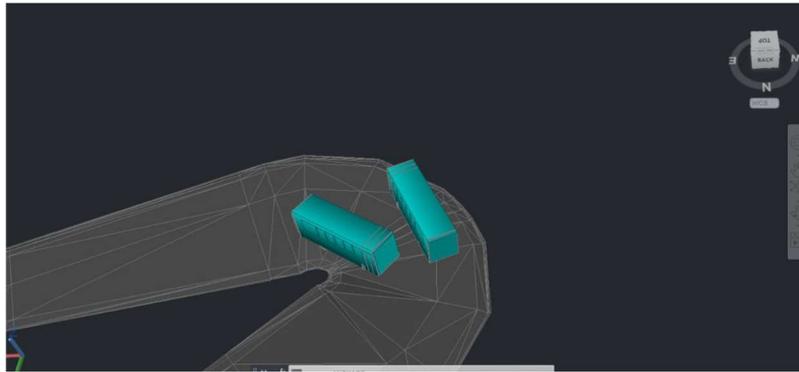
Fuente: Autor

Figura 55 Vehicle Tracking P3



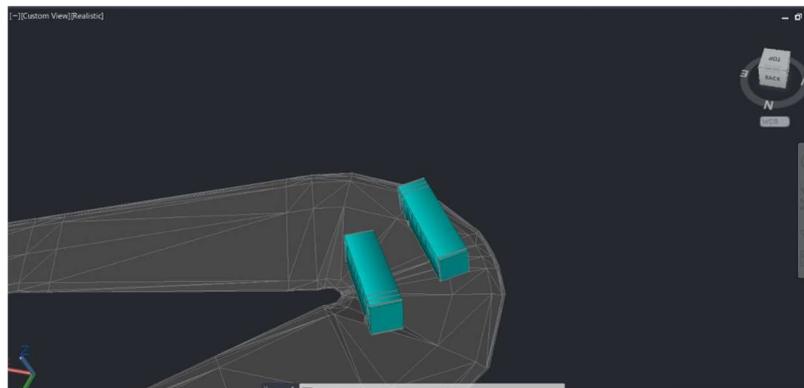
Fuente: Autor

Figura 56 Vehicle Tracking P4



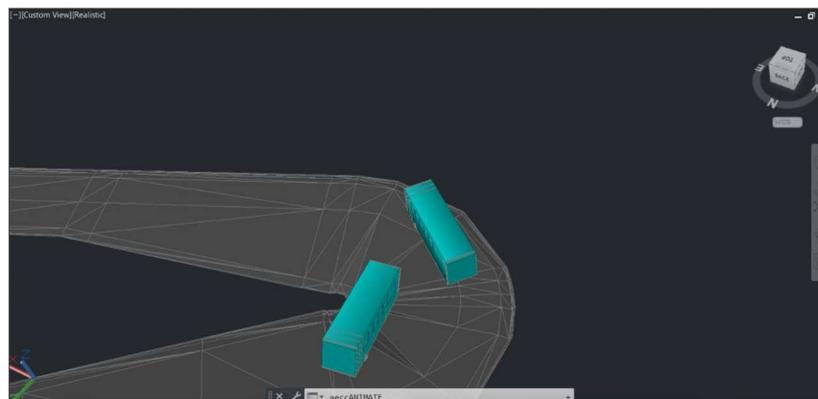
Fuente: Autor

Figura 57 Vehicle Tracking P5



Fuente: Autor

Figura 58 Vehicle Tracking P6



Fuente: Autor

Como se puede observar el sobreechancho dimensionado, cumple con éxito el tránsito de 2 buses con el tamaño de diseño mencionado en apartados anteriores, dejando espacio para el libre y como tránsito de los vehículos.

3.7.4. Peralte

El peralte en las curvas horizontales es esencial para garantizar la seguridad al transitar, pero debe ajustarse adecuadamente para evitar problemas. Un peralte excesivo puede provocar que el vehículo se deslice hacia el interior de la curva. Por lo que para esta vía en estudio se ha optado por un peralte máximo del 6%.

Como ya se realizó anteriormente, se ejemplificará el cálculo de uno de los peraltes, y los demás estarán adjuntados en los anexos de este documento.

$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f$$

$$e = \frac{40^2}{127 * 11.972} - 0.221$$

$$e = 0.83\%$$

A pesar del valor calculado para el peralte, se ha decidido utilizar un peralte ligeramente superior en el diseño geométrico realizado con el software Civil 3D. Esta decisión responde a la alta densidad de tráfico de camionetas de transporte mixto que circulan frecuentemente por la vía de estudio. Para garantizar la seguridad vial, se ha incrementado el peralte en las curvas, aumentando porcentaje al valor calculado, con el fin de mejorar el desempeño de las curvas bajo la influencia de la fuerza centrífuga generada por estos vehículos. Este ajuste tiene como objetivo evitar pérdidas de tracción y asegurar un buen agarre, reduciendo así el riesgo de accidentes en una vía como la de estudio la cual está situada en una topografía montañosa con laderas pronunciadas y precipicios.

3.8. Señalización

Dentro del sistema vial, los señalamientos juegan un papel crucial, ya que son esenciales para las personas que transitan por la vía. En este apartado, se detallará la señalética utilizada a lo largo de toda la vía. Independientemente del tipo de señalamiento, su función es transmitir información específica a los usuarios de la carretera o la comunidad, los señalamientos orientan a las personas sobre su ubicación, su destino, las condiciones del camino y regulan el tránsito, fortaleciendo así la seguridad vial durante su trayecto.

En cuanto a la señalización horizontal, se empleó para marcar las áreas permitidas y prohibidas para adelantar vehículos, además de incluir un resalto que indica la entrada a una zona poblada, complementado con la señalización vertical correspondiente.

La vía presenta diversas consideraciones a lo largo de su recorrido que se pueden solucionar agregando señalización vertical, entre las más significativas se encuentran: mantener la velocidad de diseño establecida en 40 km/h, debido a que se prevé que con las mejoras se espere un incremento en la velocidad de los conductores. Además, se instalarán señales preventivas en las curvas peligrosas identificadas en el proyecto, así como en las zonas pobladas conectadas por esta vía.

En los anexos se incluirán los planos detallados que muestran las abscisas donde se implementó tanto la señalización horizontal como la vertical, especificando el tipo de señalización utilizada en cada caso.

3.9. Presupuesto referencial

Como resultado de los estudios y dimensionamientos de las estructuras viales y componentes adicionales, se ha elaborado un desglose detallado basado en materiales, mano de obra, tipos de actividades y componentes necesarios. Este análisis ha permitido estimar con los costos de cada uno de los rubros. A partir de este proceso, se ha generado un presupuesto que incluye el costo de cada uno de los diferentes apartados que lo componen.

Tabla 51 Presupuesto total del proyecto

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		BORDILLOS, CUNETAS Y ACCESOS				27866.30
1.1	500259	Excavación para cunetas y encauzamiento a mano	m3	1616.00	16.26	26276.16
1.2	500255	Excavación sin clasificación	m3	646.40	1.69	1092.42
1.3	500148	Transporte de material de excavación (transporte libre 500m)	m3-km	2262.40	0.22	497.73
2		ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				1105089.82
2.1		BASES-SUB BASES- MEJORAMIENTO				1088427.71
2.1.1	503073	Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3	5817.60	15.07	87671.23
2.1.2	500342	Sub-base Clase 1	m3	3636.00	22.59	82137.24
2.1.3	500430	Base, Clase 1	m3	3636.00	25.69	93408.84
2.1.4	548011	Carpeta asfáltica (e=7") Ho.Asf.mezclado en planta	m2	24240.00	34.04	825210.40
2.2		TRANSPORTE DE MATERIALES SUELTOS				16662.11
2.2.1	515014	Transporte de sub-base	m3-km	3636.00	0.22	799.92
2.2.2	515015	Transporte de base	m3-km	3636.00	0.22	799.92
2.2.3	515016	Transporte de mezcla asfáltica	m3-km	24240.00	0.26	6302.40
2.2.4	500148	Transporte de material de excavación	m3-km	34000.00	0.22	7480.00
2.2.5	503086	Transporte de suelo seleccionado para mejoramiento de la subrasante	m3-km	5817.60	0.22	1279.87
3		DRENAJE				330607.78
3.1		Estructuras de alivio hidráulico				324454.56
3.1.1	500298	Hormigón estructural clase "C" f'c=210 kg/cm ² , Bordonillos y cunetas	m3	1737.20	175.87	305521.36
3.1.2	502062	Alcantarillas impermeables Armco D=900mm	m	91.00	152.00	13832.00
3.1.3	500298	Hormigón estructural de cemento portland Clase B (f'c=280 kg/cm ²)	m3	19.20	204.13	3919.30
3.1.4	500300	Acero de refuerzo en barras, fy = 4200 Kg/cm ²	kg	530.00	2.23	1181.90
3.2		Subdrenaje				6153.22
3.2.1	500432	Replanteo y nivelación	m	50.00	2.39	119.50
3.2.2	504279	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	86.00	1.99	171.14
3.2.3	502062	Tubería para subdrenes, D=200mm	m	50.00	10.53	526.50
3.2.4	502012	Material filtrante	m3	544.60	8.61	4689.01
3.2.5	515029	Transporte de material filtrante	m3-km	78.50	0.22	17.27
3.2.6	502011	Geotextil para subdren	m2	225.00	1.92	432.00
3.2.7	515020	Cargado de material a máquina	m3	86.00	2.08	178.88
3.2.8	500148	Transporte de material de excavación (transporte libre 500m)	m3-km	86.00	0.22	18.92
4		SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				220165.91
4.1		SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				22462.40
4.1.1	515038	Marcas de pavimento (Pintura amarilla reflectiva) acrílica a= 10 cm, e=	m	8080.00	1.39	11231.20
4.1.2	515039	Marcas de pavimento (Pintura blanca reflectiva) acrílica a= 10 cm, e=	m	8080.00	1.39	11231.20
4.2		SEÑALIZACIÓN VERTICAL				36828.10
4.2.1	515049	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Límite máximo de	u	28.00	171.90	4813.20
4.2.2	515052	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Curva y contracurva	u	2.00	171.90	343.80
4.2.3	515057	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Peatones en la vía	u	2.00	171.90	343.80
4.2.4	515066	Guardacaminos doble metálico	m	328.00	79.14	25957.92
4.2.5	515067	Señales al lado de la carretera (0.45 x 0.60 m) Parada de Bus	u	1.00	136.54	136.54
4.2.6	515069	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Curva derecha cerrada	u	5.00	171.90	859.50
4.2.7	515070	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Curva izquierda cerrada	u	4.00	171.90	687.60
4.2.8	500298	Hormigón simple para rompeveerdades (f'c=210 kg/cm ²)	m3	6.00	175.87	1055.22
4.2.9	515049	Letrero informativo de toli (2.00 x 1.50 m)	u	2.00	336.90	673.80
4.2.10	515052	Señales al lado de la carretera Disco Pare	u	3.00	171.90	515.70
4.2.11	515049	Señales al lado de la carretera Puente Angosto	u	1.00	171.90	171.90
4.2.12	515052	Señales al lado de la carretera Ancho Máximo	u	1.00	171.90	171.90
4.2.13	515057	Señales al lado de la carretera Doble Vía	u	3.00	136.54	409.62
4.2.14	515072	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Presencia Resalto	u	4.00	171.90	687.60
4.3		MUROS DE CONTENCION				160875.41
4.3.1	500298	Hormigón estructural de cemento portland Clase B (f'c=280 kg/cm ²)	m3	471.12	204.13	96169.73
4.3.2	500300	Acero de refuerzo en barras, fy = 4200 Kg/cm ²	kg	29016.00	2.23	64705.68
5		IMPACTO AMBIENTAL				5221.01
5.1	515077	Batería sanitaria móvil	u	2.00	1504.11	3008.22
5.2	515078	Trampa de Grasas y Aceites	u	2.00	326.32	652.64
5.3	515079	Tanque de Almacenamiento de Grasas y Aceite	u	4.00	31.76	127.04
5.4	515081	Agua para control de polvo	miles de litros	10.00	3.85	38.50
5.5	515082	Cobertura de plástico	m2	100.00	1.25	125.00
5.6	515083	Charlas de concientización	u	1.00	250.37	250.37
5.7	515084	Comunicados Radiales	min	100.00	4.17	417.00
5.8	515085	Instructivos o trípticos	u	200.00	0.53	106.00
5.9	515087	Cinta Plástica Reflectiva (a=0.12 m)	m	500.00	0.72	360.00
5.1	515088	Charlas de Adiestramiento	u	1.00	136.24	136.24
SUBTOTAL						1'688'950.82 \$
IVA					15%	253'342.62 \$
TOTAL						1'942'293.44 \$
TOTAL:	"Un Millón Novecientos Cuarenta y Dos Mil Doscientos Noventa y Tres con Cuarenta y Cuatro 1/100"					

Fuente: Autor

3.10. Conclusiones

Con base en los estudios realizados, se concluye que el diseño de una vía pública entre las parroquias Nallig y Llintig, debe considerar varios factores clave para que sea eficaz y eficiente. El análisis detallado mostró que la distribución social, geográfica, territorial, la calidad de vida y la movilidad son aspectos fundamentales para comprender el estado actual del entorno de las comunidades y justificar la necesidad del proyecto.

Los resultados del proyecto indicaron que la carretera existente necesitaba mejoras significativas para cumplir con los requisitos de sostenibilidad y funcionalidad. El diseño geométrico y estructural considerando los parámetros críticos como el radio de curvatura, el trazado y el espesor del pavimento, se adapta a la calidad del suelo con un bajo índice CBR. Estos cambios son esenciales para soportar las cargas de tráfico esperadas y garantizar la estabilidad de la carretera.

El TPDA previsto de 20 años, correspondiente a la vida útil del pavimento, llevó al diseño a incorporar adecuadamente el volumen de tráfico futuro y las características de los vehículos. Además, se desarrolló un sistema de drenaje eficiente para recoger el agua de lluvia y minimizar los impactos negativos en la comunidad debido a las lluvias y el ingreso del agua a las viviendas, lo cual es de vital importancia debido al entorno montañoso de la región.

Considerando la seguridad de los flujos de tránsito y las características geométricas de la vía, así como la señalización y la seguridad vial, fue posible desarrollar un diseño que redujo los riesgos y mejoró la seguridad en curvas y tramos críticos.

En resumen, el diseño propuesto responde no sólo a las necesidades actuales de movilidad y seguridad de Nallig y Llintig, sino también al desarrollo sostenible y a las mejoras en la calidad de vida. Con estas ideas en mente, el proyecto busca no sólo mejorar la infraestructura vial,

sino también apoyar el desarrollo económico y social de la región, garantizando una carretera adecuada para hoy y para el futuro.

3.11. Recomendaciones

Al inicio de la construcción del proyecto, tener en cuenta una socialización para amenizar los impactos que una obra de esta escala pueda producir.

Se recomienda que al momento de ejecutar la obra se realicen las respectivas instalaciones de alcantarillado y que se mejore la red de agua potable, garantizando así una mejora en la calidad de vida de los moradores y evitando futuros dobles trabajos.

A la institución encargada de este sector implementar un sistema de mantenimiento rutinarios, para garantizar el correcto funcionamiento de la vía y prolongar mucho más su vida útil.

Al momento de construir se recomienda precaución con las estructuras habitacionales existentes ya que estas se encuentran cercanas al emplazamiento de la vía.

Se recomienda un estudio geotécnico para una posible estabilización de ciertos taludes a lo largo de la vía, si bien no son un problema por ahora, se recomienda lo antes mencionado para prevenir cualquier eventualidad, evitar catástrofes y mantener en buenas condiciones la estructura vial.

Tomar en consideración la implementación de la señalización vertical y concientizar a los moradores de la zona acerca del respeto de estas.

4. Bibliografía

- AASHTO. (1993). *Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- American Society of Civil Engineers. (1992). *Urban Water Resources Research Council*.
- American Society of Civil Engineers. Urban Water Resources Research Council. (1992). *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems*.
https://www.google.com.ec/books/edition/Design_and_Construction_of_Urban_Stormwater/vWtXEohjy5cC
- Argisoft. (2024). *Descubra la fotogrametría inteligente con Metashape*.
<https://www.agisoft.com/>
- ASTM INTERNATIONAL. (2024). *¿Qué es la AASHTO?*
<https://la.astm.org/es/standards/aashto/>
- BRAJA DAS, M. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica - Cuarta Edición*. Cengage Learning, Inc.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Bogotá: ECOE EDICIONES.
- Concepto.de. (5 de Agosto de 2021). "Suelo". <https://concepto.de/suelo/>
- CONGOPE. (2019). *Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia del Azuay*.
<http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/Azuay-plan-vial-integral.pdf>
- COTECNO. (2024). *Granulometría: Análisis granulométrico de suelos por tamizado*.
<https://www.cotecno.cl/granulometria-analisis-granulometrico-suelos/>
- Diario El Mercurio. (2 de Julio de 2019). Azuay: bus de la cooperativa Express Chordeleg se accidentó en el sector de Nallig, Gualaceo. Nallig - Gualaceo, Azuay, Ecuador.
- El Mercurio. (4 de Enero de 2023). Más carros se matricularon en Paute y Gualaceo este último año.
- Fattorelli, S., & Fernandez, P. (2011). *Diseño Hidrológico*. WASA - GN.
- GeoBiental. (2024). *¿Qué es la Geotecnia? Concepto y Campo de Estudio*.
<https://www.geobiental.com/que-es-la-geotecnia/>
- Geometer - Agricultura de precisión y GNSS para industrias. (2024). *¿Qué es GNSS RTK y cómo funciona?* Geometer: <https://gpsgeometer.com/es/blog/what-is-gnss-rtk-and-how-does-it-work>
- INAMHI. (2024). *Anuarios Meteorológicos*. <https://servicios.inamhi.gob.ec/anuarios-metereologicos/>
- INEN. (2011). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL*. QUITO.
- INEN. (2011). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL*.

- Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Instituto Geográfico Nacional*.
<https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Fotogrametria.pdf>
- Instituto Nacional de Vías. (Diciembre de 2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*.
<https://onl.dnp.gov.co/sites/comunidadvirtual/comunidadvirtual/Tecnologas%20%20i%20ntervenciones/Manual%20de%20drenajes%20para%20carreteras.pdf>
- Kirpich, P. (1940). *Time of concentration of small agricultural watersheds*. *Civil Engineering*.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *Norma para estudios y diseños Viales, NEVI 12 Volumen N°2*. Quito.
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones.
- MOP . (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES*. MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y COMUNICACIONES.
- MTOP. (2003). *Norma de Diseño Geométrico de Carreteras*. Quito.
- MTOP. (2013). *NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12-MTOP VOLUMEN 2*. QUITO: MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR.
- Municipio de Gualaceo. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Gualaceo*. <https://www.gualaceo.gob.ec/pdot-gualaceo-2021/>
- Pérez Carmona, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Ecoe Ediciones.
- Porto, J. P., & Gardey, A. (15 de Julio de 2022). *Tránsito - Qué es, definición y concepto*. Definicion.de: <https://definicion.de/transito/>
- UMILES . (2023). *¿Qué es un dron y para qué sirve? Características y funciones*. https://umilesgroup.com/que-es-un-dron-y-para-que-sirve/#%C2%BFQue_es_un_dron

4.1. Anexos

Figura 59 Excavación de calicata



Figura 60 Obtención de calicatas



Figura 61 Estado actual de la vía

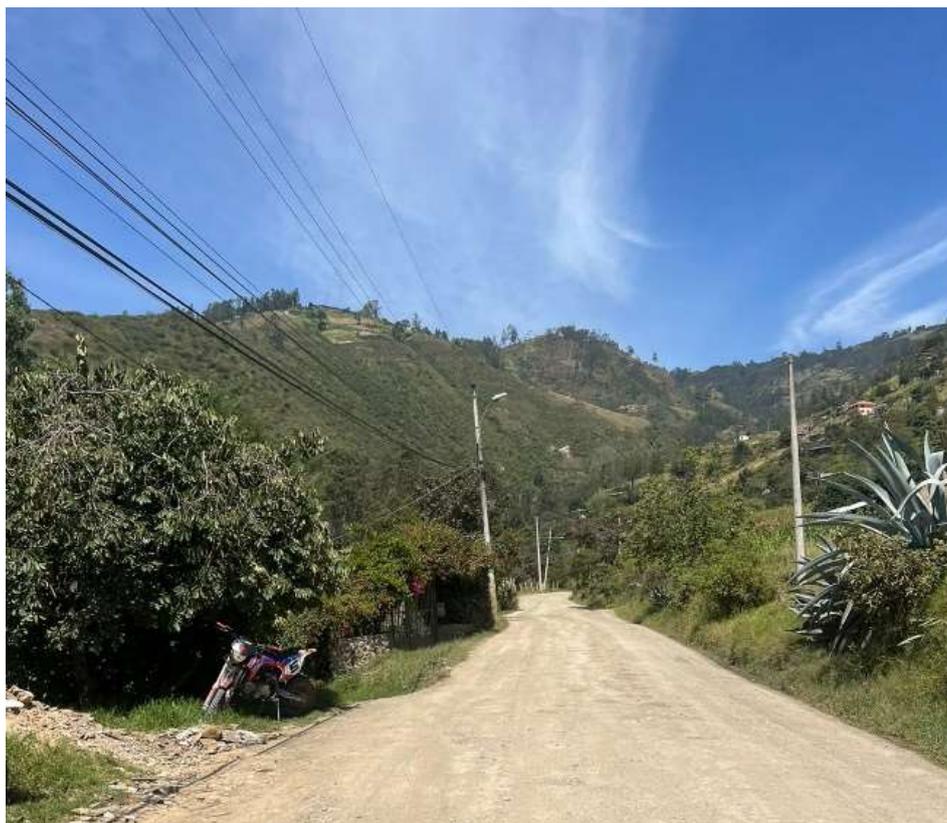


Figura 62 Estado actual de la vía 2



Figura 63 Estado actual de obras de drenaje



Figura 64 Inspección de la vía



Figura 65 Inspección de la vía



Figura 66 Inspección de la vía



Figura 67 Inspección de la vía



Figura 68 Curva crítica del proyecto



Figura 69 Curva crítica del proyecto



Figura 70 Curva y contracurva crítica del proyecto

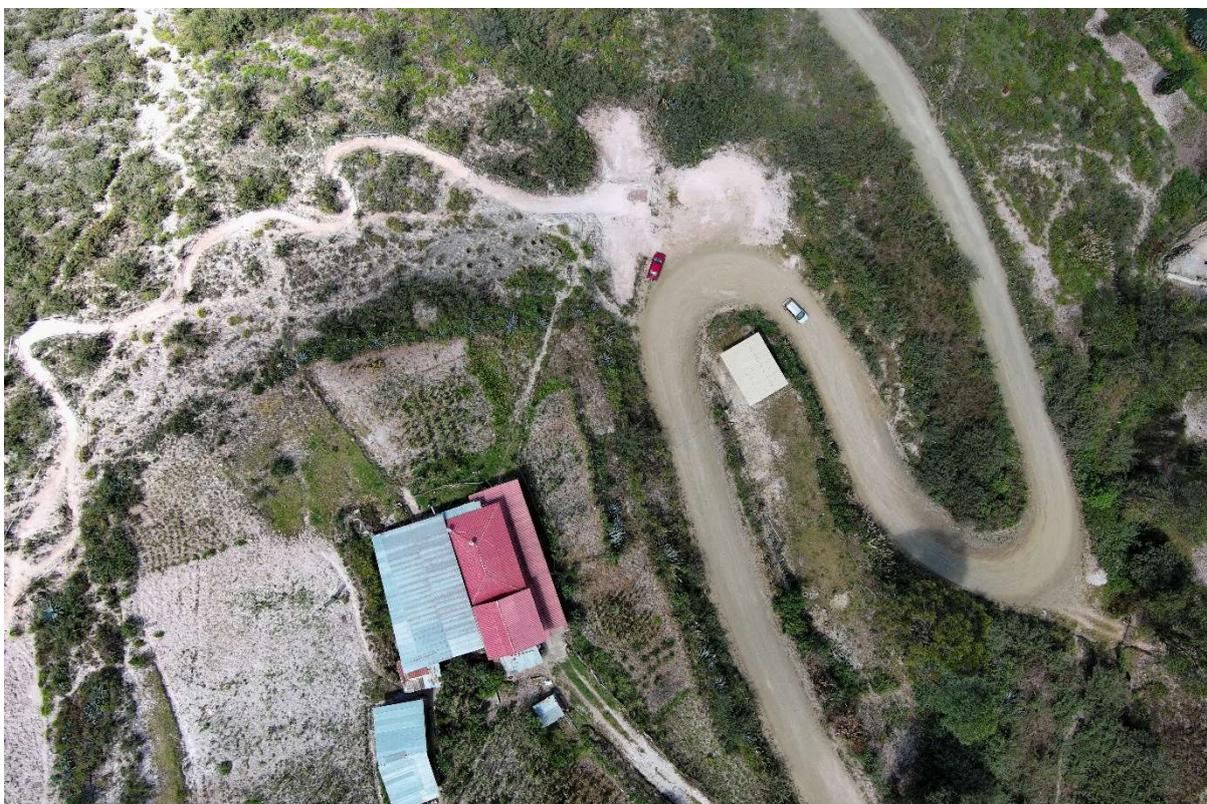


Figura 71 Curva y contracurva crítica del proyecto



Figura 72 Armado de CBR



Figura 75 Resultados de ensayos de CBR Calicata 2 25 golpes

Tests 5:17 PM ID 8

PREVIOUS TESTS

GORDILLO_5 - 01/21/2012 17:03:20 PM - CBR TEST

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	1.85	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	17.0	°C
Temperature @ FINISH	17.1	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Points Recorded
12

Figura 76 Resultados de ensayos de CBR Calicata 1 56 golpes

PREVIOUS TESTS

GORDILLO_3 - 01/21/2012 16:44:24 PM - CBR TEST

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	0.50	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	17.3	°C
Temperature @ FINISH	17.1	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Points Recorded
12

Figura 77 Resultados de ensayos de CBR Calicata 3 25 golpes

Tests 5:38 PM ID 8

PREVIOUS TESTS

GORDILLO_B - 01/28/2012 17:27:46 PM - CBR TEST

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	2.44	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	17.4	°C
Temperature @ FINISH	17.6	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Points Recorded
12

Figura 78 Resultados de ensayos de CBR Calicata 3 12 golpes

PREVIOUS TESTS

GORDILLOA - 01/28/2012 17:11:54 PM - CBR TEST

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	1.20	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	17.3	°C
Temperature @ FINISH	17.3	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Points Recorded
12

Figura 79 Resultados de ensayos de CBR Calicata 4 56 golpes

PREVIOUS TESTS

GORDILLO_F - 01/28/2012 18:27:54 PM - CBR TEST

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	4.17	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	18.1	°C
Temperature @ FINISH	18.2	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Points Recorded
12

Figura 80 Resultados de ensayos de CBR Calicata 4 25 golpes

PREVIOUS TESTS

GORDILLO_E - 01/28/2012 18:13:42 PM - CBR TEST

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	3.34	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	18.0	°C
Temperature @ FINISH	18.0	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Points Recorded
12

Figura 81 Resultados de ensayos de CBR Calicata 4 12 golpes

Tests 6:08 PM ID 8

PREVIOUS TESTS

GORDILLO_D - 01/28/2012 17:57:56 PM - CBR TEST

TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	2.06	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	17.7	°C
Temperature @ FINISH	17.9	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Points Recorded
12

Figura 82 Resultados de ensayos de CBR Calicata 4 12 golpes

Tests 4:22 PM ID 8

PREVIOUS TESTS

GORDILLO_4 - 01/21/2012 16:10:56 PM - CBR TEST

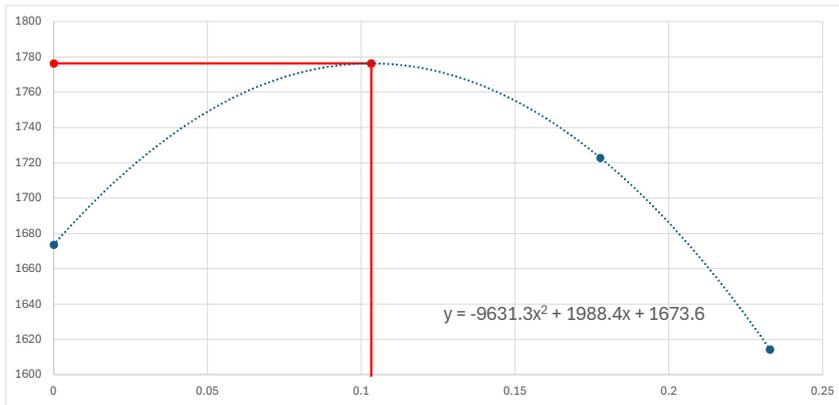
TYPE	PEAK VALUES	UNITS
LOAD_1_904023	0.79	kN
DISP_1_191338-0019-A	12.700	mm
Temperature @ START	16.5	°C
Temperature @ FINISH	16.9	°C
BEARING RATIO @ 0.1in (2.54mm)	0.00	PSI
BEARING RATIO @ 0.2in (5.08mm)	0.00	PSI

Points Recorded
12

Proctor - Calicata 1

Proctor:	Modificado					Método:	B
V molde:	457.2	cm3	0.0004572	m3		Molde #:	1
D. molde:	943.3	mm				Capas:	5
Yw:	9.81	KN/m3				Golpe/capa:	25
Peso molde:	4270.4	g					

Muestras	Peso material + molde (gr)	Peso material (gr)	Tarro #	Peso tarro (gr)	Peso húmedo + tarro (gr)	Peso húmedo (gr)	Peso seco + tarro (gr)	Peso seco (gr)	Humedad (%)	Humedad promedio (%)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Peso Unitario Seco (kN/m3)	Peso Unitario Seco (kg/m3)
1	5849.10	5849.10							0.00%	0.00%	1.67	1.67	16.42	1673.59
								0.00%						
								0.00%						
2	6184.30	6184.30	2BKH	17.50	59.10	41.60	52.60	35.10		17.77%	2.03	1.72	16.90	1722.80
			M...#3	17.70	85.90	68.20	75.70	58.00	17.59%					
			R... 6	17.40	78.50	61.10	69.20	51.80	17.95%					
3	6147.80	6147.80	F.M 3	17.60	83.20	65.60	70.30	52.70		23.29%	1.99	1.61	15.84	1614.30
			MCP2	17.40	81.60	64.20	69.40	52.00	23.46%					
			N.R.S.C	17.50	91.00	73.50	77.20	59.70	23.12%					
4	6188.00	6188.00	7X IV	17.80	81.00	63.20	72.00	54.20	16.61%	16.72%	2.03	1.74	17.09	1741.65
			CMP	17.60	98.10	80.50	86.50	68.90	16.84%					
			P1 H1	17.20	93.10	75.90	81.70	64.50						
5	6097	6097	1A	17.60	78.70	61.10	65.10	47.50	28.63%	28.47%	1.94	1.51	14.79	1507.33
			1B	17.50	105.00	87.50	85.70	68.20	28.30%					
			1C	16.90	88.00	71.10	73.10	56.20						

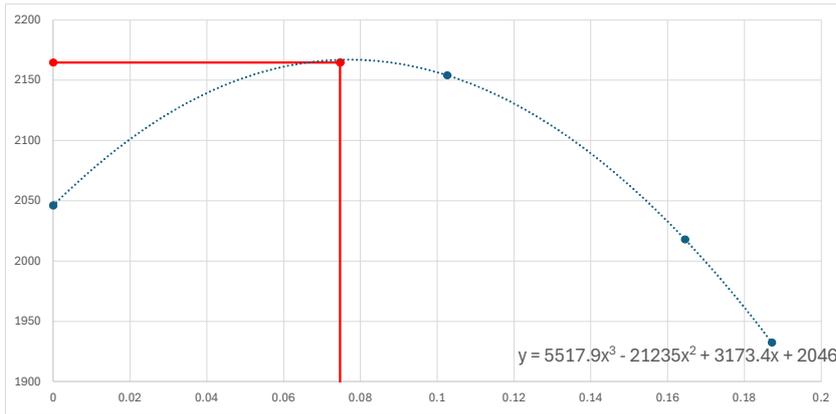


Humedad óptima (%)	10.32%
Densidad seca máxima (kg/m3)	1776.23

Proctor - Calicata 2

Proctor:	Modificado					Método:	C
V molde:	2124	cm3	0.002124	m3		Molde #:	1M
D. molde:	152.4	mm				Capas:	5
Yw:	9.81	KN/m3				Golpe/capa:	56
Peso molde:	5773.1	g					

Muestras	Peso material + molde (gr)	Peso material (gr)	Tarro #	Peso tarro (gr)	Peso húmedo + tarro (gr)	Peso húmedo (gr)	Peso seco + tarro (gr)	Peso seco (gr)	Humedad (%)	Humedad promedio (%)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Peso Unitario Seco (kN/m3)	Peso Unitario Seco (kg/m3)
1	10118.90	4345.80							0.00%	0.00%	2.05	2.05	20.07	2046.05
								0.00%						
								0.00%						
2	10817.80	5044.70	4A	17.40	53.00	35.60	49.20	31.80		10.26%	2.38	2.15	21.13	2154.03
			5A	17.40	50.60	33.20	47.40	30.00	10.67%					
			10A	17.60	41.00	23.40	38.90	21.30	9.86%					
3	10764.20	4991.10	9A	17.30	95.50	78.20	84.20	66.90	16.89%	16.46%	2.35	2.02	19.79	2017.82
			11A	17.30	74.80	57.50	66.80	49.50	16.16%					
			12A	17.30	94.30	77.00	83.50	66.20	16.31%					
4	10964.30	5191.20	17A	17.60	76.00	58.40	69.30	51.70	12.96%	13.23%	2.44	2.16	21.17	2158.43
			16A	17.40	73.70	56.30	67.00	49.60	13.51%					
			21A	17.70	75.30	57.60	69.00	51.30						
5	10645.5	4872.4	22A	17.90	88.10	70.20	77.00	59.10	18.78%	18.72%	2.29	1.93	18.96	1932.33
			23A	17.90	95.80	77.90	84.20	66.30						
			24A	17.70	91.50	73.80	79.90	62.20	18.65%					

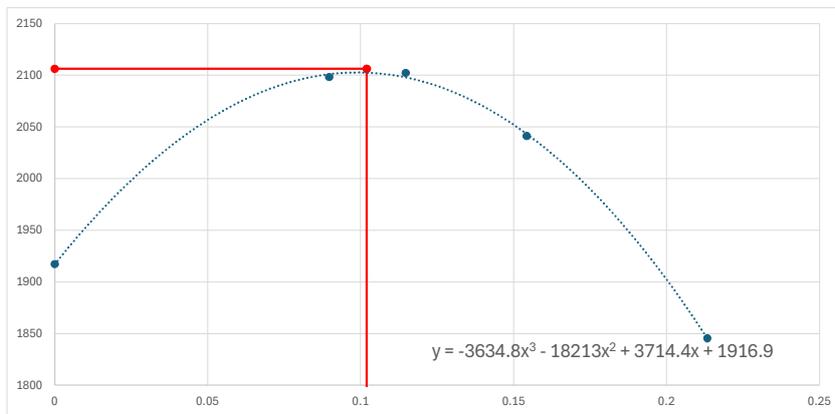


Humedad óptima (%)	7.47%
Densidad seca máxima (kg/m3)	2164.56

Proctor - Calicata 3

Proctor:	Modificado					Método:	C
V molde:	2124	cm3	0.002124	m3		Molde #:	1C
D. molde:	152.4	mm				Capas:	5
Yw:	9.81	KN/m3				Golpe/capa:	56
Peso molde:	5757.3	g					

Muestras	Peso material + molde (gr)	Peso material (gr)	Tarro #	Peso tarro (gr)	Peso húmedo + tarro (gr)	Peso húmedo (gr)	Peso seco + tarro (gr)	Peso seco (gr)	Humedad (%)	Humedad promedio (%)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Peso Unitario Seco (kN/m3)	Peso Unitario Seco (kg/m3)
1	9829.20	4071.90							0.00%	0.00%	1.92	1.92	18.81	1917.09
								0.00%						
								0.00%						
2	10613.80	4856.50	1A	17.60	92.00	74.40	86.50	68.90	8.95%	8.97%	2.29	2.10	20.58	2098.23
			2A	17.80	89.60	71.80	83.70	65.90	8.99%					
			3A	17.60	107.30	89.70	99.90	82.30	15.50%					
3	10761.30	5004.00	6A	17.20	104.40	87.20	92.70	75.50	15.36%	15.43%	2.36	2.04	20.02	2041.07
			7A	17.40	109.80	92.40	97.50	80.10	11.53%					
			8A	17.40	100.30	82.90	91.20	73.80						
4	10734.60	4977.30	13A	17.70	111.50	93.80	101.80	84.10	11.47%	11.47%	2.34	2.10	20.62	2102.26
			14A	17.60	95.90	78.30	88.60	71.00	11.40%					
			15A	17.40	93.60	76.20	85.80	68.40	21.09%					
5	10513.2	4755.9	18A	17.40	101.80	84.40	87.10	69.70	21.58%	21.33%	2.24	1.85	18.10	1845.42
			19A	17.90	139.60	121.70	118.00	100.10						
			20A	17.50	123.30	105.80	103.80	86.30						

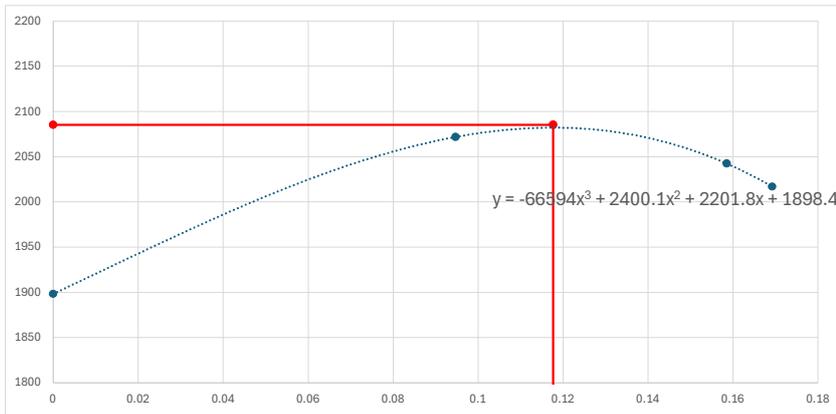


Humedad óptima (%)	10.20%
Densidad seca máxima (kg/m3)	2106.28

Proctor - Calicata 4

Proctor:	Modificado														
V molde:	2124	cm3	0.002124	m3						Método:	C				
D. molde:	152.4	mm								Molde #:	1C				
Yw:	9.81	KN/m3								Capas:	5				
Peso molde C:	5781.1	g								Golpe/capa:	56				
Peso molde M:	5773.2	g													

Muestras	Peso material + molde (gr)	Peso material (gr)	Tarro #	Peso tarro (gr)	Peso húmedo + tarro (gr)	Peso húmedo (gr)	Peso seco + tarro (gr)	Peso seco (gr)	Humedad (%)	Humedad promedio (%)	Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Peso Unitario Seco (kN/m3)	Peso Unitario Seco (kg/m3)
1C	9813.20	4032.10							0.00%	0.00%	1.90	1.90	18.62	1898.35
								0.00%						
								0.00%						
2M	10799.00	5025.80	1A	17.60	59.20	41.60	53.60	36.00	15.56%	15.85%	2.37	2.04	20.04	2042.47
			2A	17.80	68.20	50.40	62.10	44.30						
			3A	17.60	69.40	51.80	62.20	44.60	16.14%					
3C	10598.40	4817.30	4A	17.40	87.80	70.40	81.50	64.10	9.83%	9.47%	2.27	2.07	20.32	2071.83
			5A	17.30	102.80	85.50	95.60	78.30	9.20%					
			6A	17.30	108.90	91.60	101.04	83.74	9.39%					
4M	10602.30	4829.10	7A	17.50	72.80	55.30	63.40	45.90		17.89%	2.27	1.93	18.92	1928.59
			8A	17.50	66.20	48.70	58.70	41.20	18.20%					
			9A	17.30	73.50	56.20	65.10	47.80	17.57%					
5C	10790.1	5009	10A	17.60	121.10	103.50	106.10	88.50	16.95%	16.92%	2.36	2.02	19.79	2016.97
			11A	17.30	103.50	86.20	92.30	75.00						
			12A	17.30	94.10	76.80	83.00	65.70	16.89%					



Humedad óptima (%)	11.77%
Densidad seca máxima (kg/m3)	2085.38

CBR - Calicata 1

Molde			1	5	3
Capas			5	5	5
Golpes/Capa			12	25	56
			ANTES DE INMERSIÓN	ANTES DE INMERSIÓN	ANTES DE INMERSIÓN
Peso muestra + molde	(gr)		10440.5	11002.7	10010.1
Peso molde	(gr)		6942.60	6917.10	5989.60
Peso muestra	(gr)		3497.90	4085.60	4020.50
Volumen muestra	(cm3)		2104.92	2104.92	2077.31
Densidad húmeda	(kg/m3)		1661.78	1940.98	1935.43
Densidad seca	(kg/m3)		1509.06	1750.21	1759.81

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in2)	Presión Corr. (lb/in2)	Presión Est. (lb/in2)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.03	6.74	0.635	0.025	2.25			
2	1	0.04	8.99	1.270	0.050	3.00			
3	1.5	0.06	13.49	1.905	0.075	4.50			
4	2	0.08	17.98	2.540	0.100	5.99	5.99	1000	0.60%
5	2.5	0.09	20.23	3.175	0.125	6.74			
6	3	0.10	22.48	3.810	0.150	7.49			
7	3.5	0.12	26.98	4.445	0.175	8.99			
8	4	0.13	29.23	5.080	0.200	9.74	9.74	1500	0.65%
9	6	0.19	42.71	7.620	0.300	14.24			
10	8	0.24	53.95	10.160	0.400	17.98			
11	10	0.29	65.19	12.700	0.500	21.73			

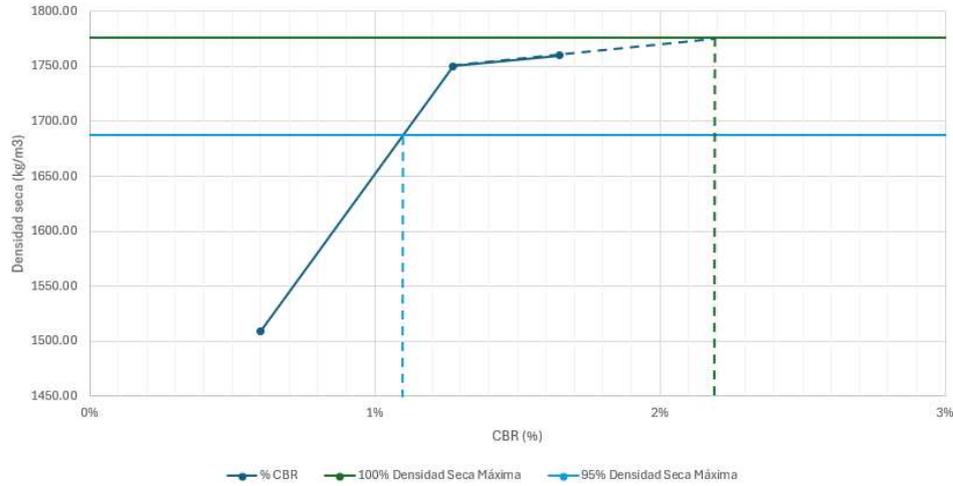
Molde 5
Golpes 25

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in ²)	Presión Corr. (lb/in ²)	Presión Est. (lb/in ²)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.08	17.98	0.635	0.025	5.99			
2	1	0.12	26.98	1.270	0.050	8.99			
3	1.5	0.15	33.72	1.905	0.075	11.24			
4	2	0.17	38.22	2.540	0.100	12.74	12.74	1000	1.27%
5	2.5	0.19	42.71	3.175	0.125	14.24			
6	3	0.20	44.96	3.810	0.150	14.99			
7	3.5	0.21	47.21	4.445	0.175	16.82			
8	4	0.22	49.46	5.080	0.200	19.52	19.52	1500	1.30%
9	6	0.27	60.70	7.620	0.300	21.23			
10	8	0.32	71.94	10.160	0.400	23.98			
11	10	0.37	83.18	12.700	0.500	27.73			

Molde 3
Golpes 56

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in ²)	Presión Corr. (lb/in ²)	Presión Est. (lb/in ²)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.12	26.98	0.635	0.025	8.99			
2	1	0.15	33.72	1.270	0.050	11.24			
3	1.5	0.19	42.71	1.905	0.075	14.24			
4	2	0.22	49.46	2.540	0.100	16.49	16.49	1000	1.65%
5	2.5	0.25	56.20	3.175	0.125	18.73			
6	3	0.28	62.95	3.810	0.150	20.98			
7	3.5	0.30	67.44	4.445	0.175	22.48			
8	4	0.32	71.94	5.080	0.200	25.43	25.43	1500	1.70%
9	6	0.40	89.92	7.620	0.300	29.97			
10	8	0.45	101.16	10.161	0.400	33.72			
11	10	0.50	112.40	12.700	0.500	37.47			

Calicata 1



CBR - Calicata 2

Molde		4	5	6
Capas		5	5	5
Golpes/Capa		12	25	56
		ANTES DE INMERSIÓN	ANTES DE INMERSIÓN	ANTES DE INMERSIÓN
Peso muestra + molde	(gr)	11097.9	11039.3	11543.4
Peso molde	(gr)	7042.30	6813.60	7039.60
Peso muestra	(gr)	4055.60	4225.70	4503.80
Volumen muestra	(cm ³)	2104.92	2091.09	2077.31
Densidad húmeda	(kg/m ³)	1926.73	2020.81	2168.09
Densidad seca	(kg/m ³)	1789.14	1873.55	2020.96

Molde 4
Golpes 12

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in ²)	Presión Corr. (lb/in ²)	Presión Est. (lb/in ²)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.11	24.73	0.635	0.025	8.24			
2	1	0.15	33.72	1.270	0.050	11.24			
3	1.5	0.19	42.71	1.905	0.075	14.24			
4	2	0.23	51.71	2.540	0.100	17.24	17.24	1000	1.72%
5	2.5	0.26	58.45	3.175	0.125	19.48			
6	3	0.30	67.44	3.810	0.150	22.48			
7	3.5	0.33	74.19	4.445	0.175	24.73			
8	4	0.37	83.18	5.080	0.200	27.73	27.73	1500	1.85%
9	6	0.51	114.65	7.620	0.300	38.22			
10	8	0.64	143.88	10.160	0.400	47.96			
11	10	0.79	177.60	12.700	0.500	59.20			

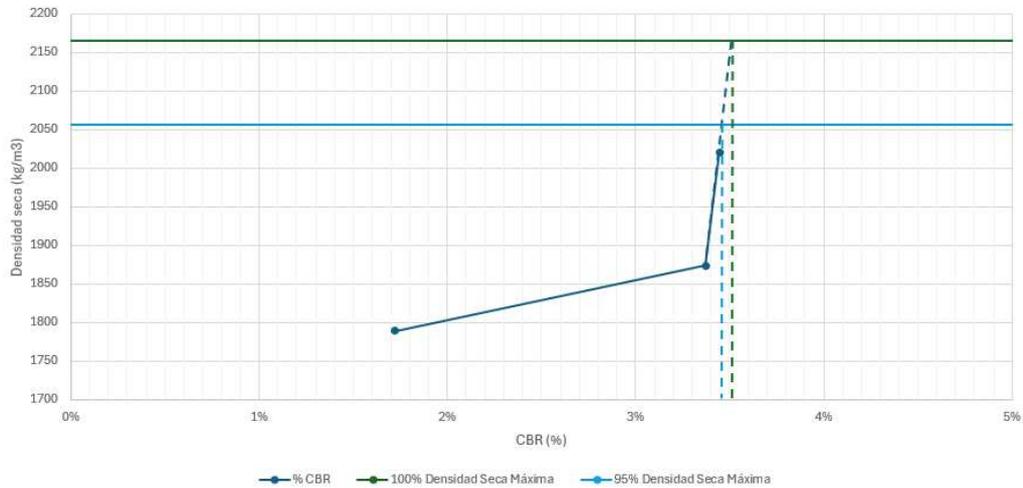
Molde 5
Golpes 25

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in ²)	Presión Corr. (lb/in ²)	Presión Est. (lb/in ²)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.12	26.98	0.635	0.025	8.99			
2	1	0.23	51.71	1.270	0.050	17.24			
3	1.5	0.34	76.44	1.905	0.075	25.48			
4	2	0.45	101.16	2.540	0.100	33.72	33.72	1000	3.37%
5	2.5	0.55	123.64	3.175	0.125	41.21			
6	3	0.66	148.37	3.810	0.150	49.46			
7	3.5	0.76	170.85	4.445	0.175	56.95			
8	4	0.86	193.34	5.080	0.200	64.45	64.45	1500	4.30%
9	6	1.22	274.27	7.620	0.300	91.42			
10	8	1.56	350.70	10.160	0.400	116.90			
11	10	1.85	415.90	12.700	0.500	138.63			

Molde 6
Golpes 56

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in ²)	Presión Corr. (lb/in ²)	Presión Est. (lb/in ²)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.12	26.98	0.635	0.025	8.99			
2	1	0.23	51.71	1.270	0.050	17.24			
3	1.5	0.33	74.19	1.905	0.075	24.73			
4	2	0.46	103.41	2.540	0.100	34.47	34.47	1000	3.45%
5	2.5	0.59	132.64	3.175	0.125	44.21			
6	3	0.72	161.86	3.810	0.150	53.95			
7	3.5	0.84	188.84	4.445	0.175	62.95			
8	4	0.97	218.06	5.080	0.200	72.69	72.69	1500	4.85%
9	6	1.42	319.23	7.620	0.300	106.41			
10	8	1.79	402.41	10.161	0.400	134.14			
11	10	2.14	481.09	12.700	0.500	160.36			

Calicata 2



CBR - Calicata 3

A. pistón 3 in2

Molde		1	2	3
Capas		5	5	5
Golpes/Capa		12	25	56
		ANTES DE INMERSIÓN	ANTES DE INMERSIÓN	ANTES DE INMERSIÓN
Peso muestra + molde	(gr)	10843	11128.5	10601.8
Peso molde	(gr)	6899.40	6870.70	5988.80
Peso muestra	(gr)	3943.60	4257.80	4613.00
Volumen muestra	(cm3)	2104.92	2091.09	2077.31
Densidad húmeda	(kg/m3)	1873.52	2036.16	2220.66
Densidad seca	(kg/m3)	1701.34	1851.39	2017.86

Molde 1
Golpes 12

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in2)	Presión Corr. (lb/in2)	Presión Est. (lb/in2)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.15	33.72	0.635	0.025	11.24			
2	1	0.30	67.44	1.270	0.050	22.48			
3	1.5	0.41	92.17	1.905	0.075	30.72			
4	2	0.50	112.40	2.540	0.100	37.47	37.47	1000	3.75%
5	2.5	0.58	130.39	3.175	0.125	43.46			
6	3	0.65	146.13	3.810	0.150	48.71			
7	3.5	0.72	161.86	4.445	0.175	53.95			
8	4	0.77	173.10	5.080	0.200	57.70	57.70	1500	3.85%
9	6	0.94	211.32	7.620	0.300	70.44			
10	8	1.08	242.79	10.160	0.400	80.93			
11	10	1.20	269.77	12.700	0.500	89.92			

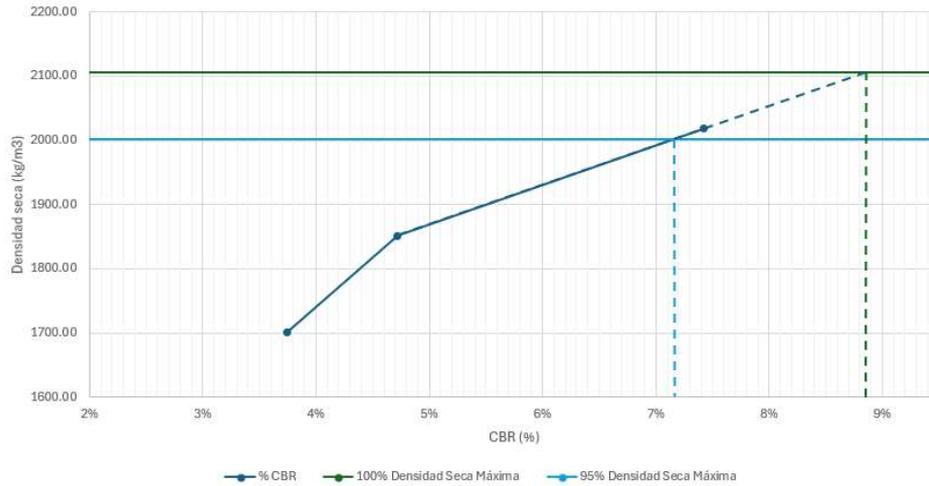
Molde 2
Golpes 25

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in2)	Presión Corr. (lb/in2)	Presión Est. (lb/in2)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.12	26.98	0.635	0.025	8.99			
2	1	0.28	62.95	1.270	0.050	20.98			
3	1.5	0.45	101.16	1.905	0.075	33.72			
4	2	0.63	141.63	2.540	0.100	47.21	47.21	1000	4.72%
5	2.5	0.80	179.85	3.175	0.125	59.95			
6	3	0.95	213.57	3.810	0.150	71.19			
7	3.5	1.09	245.04	4.445	0.175	81.68			
8	4	1.22	274.27	5.080	0.200	91.42	91.42	1500	6.09%
9	6	1.68	377.68	7.620	0.300	125.89			
10	8	2.08	467.60	10.160	0.400	155.87			
11	10	2.44	548.53	12.700	0.500	182.84			

Molde 3
Golpes 56

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in2)	Presión Corr. (lb/in2)	Presión Est. (lb/in2)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.16	35.97	0.635	0.025	11.99			
2	1	0.42	94.42	1.270	0.050	31.47			
3	1.5	0.69	155.12	1.905	0.075	51.71			
4	2	0.99	222.56	2.540	0.100	74.19	74.19	1000	7.42%
5	2.5	1.24	278.76	3.175	0.125	92.92			
6	3	1.50	337.21	3.810	0.150	112.40			
7	3.5	1.77	397.91	4.445	0.175	132.64			
8	4	2.02	454.11	5.080	0.200	151.37	151.37	1500	10.09%
9	6	2.85	640.71	7.620	0.300	213.57			
10	8	3.52	791.33	10.161	0.400	263.78			
11	10	4.10	921.72	12.700	0.500	307.24			

Calicata 3



CBR - Calicata 4

Molde		4	5	6
Capas		5	5	5
Golpes/Capa		12	25	56
		ANTES DE INMERSIÓN	ANTES DE INMERSIÓN	ANTES DE INMERSIÓN
Peso muestra + molde	(gr)	11273.9	11227.24	11636.58
Peso molde	(gr)	7083.60	6917.30	7039.30
Peso muestra	(gr)	4190.30	4309.94	4597.28
Volumen muestra	(cm3)	2104.92	2091.09	2077.31
Densidad húmeda	(kg/m3)	1990.72	2061.10	2213.09
Densidad seca	(kg/m3)	1778.70	1852.67	1994.67

Molde 4
Golpes 12

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in2)	Presión Corr. (lb/in2)	Presión Est. (lb/in2)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.38	85.43	0.635	0.025	28.48			
2	1	0.63	141.63	1.270	0.050	47.21			
3	1.5	0.84	188.84	1.905	0.075	62.95			
4	2	0.97	218.06	2.540	0.100	72.69	72.69	1000	7.27%
5	2.5	1.12	251.79	3.175	0.125	83.93			
6	3	1.22	274.27	3.810	0.150	91.42			
7	3.5	1.31	294.50	4.445	0.175	98.17			
8	4	1.38	310.24	5.080	0.200	112.02	112.02	1500	7.47%
9	6	1.62	364.19	7.620	0.300	121.40			
10	8	1.85	415.90	10.160	0.400	138.63			
11	10	2.06	463.11	12.700	0.500	154.37			

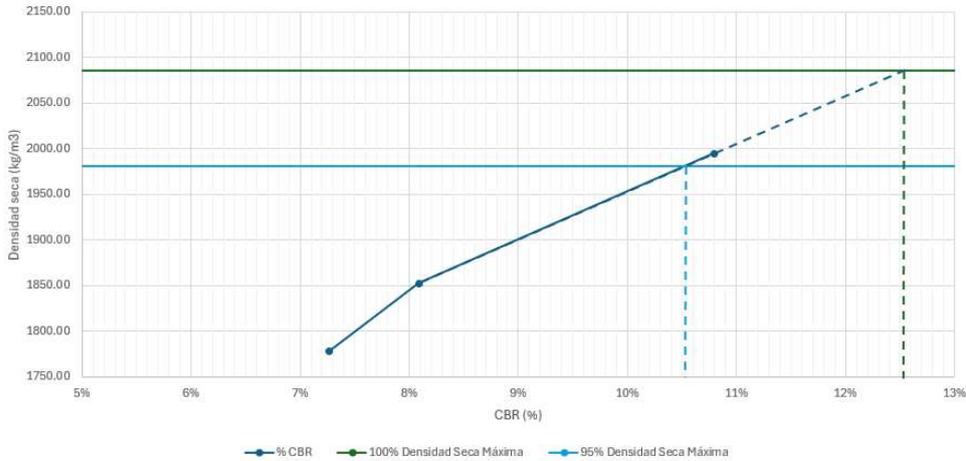
Molde 5
Golpes 25

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in2)	Presión Corr. (lb/in2)	Presión Est. (lb/in2)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.17	38.22	0.635	0.025	12.74			
2	1	0.38	85.43	1.270	0.050	28.48			
3	1.5	0.63	141.63	1.905	0.075	47.21			
4	2	1.08	242.79	2.540	0.100	80.93	80.93	1000	8.09%
5	2.5	1.16	260.78	3.175	0.125	86.93			
6	3	1.41	316.98	3.810	0.150	105.66			
7	3.5	1.64	368.69	4.445	0.175	122.90			
8	4	1.85	415.90	5.080	0.200	138.63	138.63	1500	9.24%
9	6	2.49	559.77	7.620	0.300	186.59			
10	8	2.91	654.19	10.160	0.400	218.06			
11	10	3.34	750.86	12.700	0.500	250.29			

Molde 6
Golpes 56

Punto	Tiempo (min)	Carga (kN)	Carga (lb)	Penetración (mm)	Penetración (in)	Presión (lb/in ²)	Presión Corr. (lb/in ²)	Presión Est. (lb/in ²)	CBR (%)
0	0	0.00	0.00	0.000	0.000	0.00			
1	0.5	0.25	56.20	0.635	0.025	18.73			
2	1	0.65	146.13	1.270	0.050	48.71			
3	1.5	1.05	236.05	1.905	0.075	78.68			
4	2	1.44	323.72	2.540	0.100	107.91	107.91	1000	10.79%
5	2.5	1.78	400.16	3.175	0.125	133.39			
6	3	2.06	463.11	3.810	0.150	154.37			
7	3.5	2.30	517.06	4.445	0.175	172.35			
8	4	2.50	562.02	5.080	0.200	187.34	187.34	1500	12.49%
9	6	3.22	723.88	7.620	0.300	241.29			
10	8	3.73	838.54	10.161	0.400	279.51			
11	10	4.17	937.45	12.700	0.500	312.48			

Calicata 4



Resultados Proctor				
Calicata 1	Proctor Modificado	Densidad Óptima	1776.23	(Kg/m ³)
		Humedad Óptima	10.32%	
Calicata 2	Proctor Modificado	Densidad Óptima	2164.56	(Kg/m ³)
		Humedad Óptima	7.47%	
Calicata 3	Proctor Modificado	Densidad Óptima	2106.28	(Kg/m ³)
		Humedad Óptima	10.20%	
Calicata 4	Proctor Modificado	Densidad Óptima	2085.38	(Kg/m ³)
		Humedad Óptima	11.77%	

Resultados CBR			
Calicata 1	12 Golpes	Densidad	1509.06 (Kg/m ³)
		% de CBR	0.60%
	25 Golpes	Densidad	1750.21 (Kg/m ³)
		% de CBR	1.27%
	56 Golpes	Densidad	1759.81 (Kg/m ³)
		% de CBR	1.65%
Calicata 2	12 Golpes	Densidad	1789.14 (Kg/m ³)
		% de CBR	1.72%
	25 Golpes	Densidad	1873.55 (Kg/m ³)
		% de CBR	3.37%
	56 Golpes	Densidad	2020.96 (Kg/m ³)
		% de CBR	3.45%
Calicata 3	12 Golpes	Densidad	1701.34 (Kg/m ³)
		% de CBR	3.75%
	25 Golpes	Densidad	1851.39 (Kg/m ³)
		% de CBR	4.72%
	56 Golpes	Densidad	2017.86 (Kg/m ³)
		% de CBR	7.42%
Calicata 4	12 Golpes	Densidad	1778.70 (Kg/m ³)
		% de CBR	7.27%
	25 Golpes	Densidad	1852.67 (Kg/m ³)
		% de CBR	8.09%
	56 Golpes	Densidad	1994.67 (Kg/m ³)
		% de CBR	10.79%

	CBR al 95% para 0.10"	CBR al 100% para 0.10"
Calicata 1	1.1	2.19
Calicata 2	3.46	3.52
Calicata 3	7.18	8.85
Calicata 4	10.52	12.53

		VIERNES						SABADO						DOMINGO						LUNES					
		CARROS		MOTOS		PESADOS		CARROS		MOTOS		PESADOS		CARROS		MOTOS		PESADOS		CARROS		MOTOS		PESADOS	
		SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA
0:00:00	1:00:00	2	2	0	0	0	0	3	4	2	2	0	0	4	5	0	4	0	0	1	1	0	0	0	0
1:00:00	2:00:00	1	0	0	0	0	0	2	3	0	1	0	0	2	5	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0
2:00:00	3:00:00	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3:00:00	4:00:00	0	1	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	7	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
4:00:00	5:00:00	0	2	0	0	0	0	5	7	0	0	1	0	2	13	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
5:00:00	6:00:00	4	6	0	0	3	0	10	15	0	2	0	1	6	6	0	0	0	0	5	8	0	0	1	1
6:00:00	7:00:00	12	23	7	6	2	10	8	7	0	1	5	6	10	12	1	3	7	4	14	28	1	7	7	9
7:00:00	8:00:00	19	23	3	11	10	9	15	17	2	6	7	8	11	18	2	4	8	8	20	23	2	9	11	8
8:00:00	9:00:00	14	21	6	6	8	6	17	21	2	4	6	5	8	22	4	1	8	6	15	20	4	3	9	7
9:00:00	10:00:00	18	12	1	3	7	11	18	20	1	2	9	7	20	27	4	5	7	7	13	11	2	3	6	7
10:00:00	11:00:00	10	15	3	3	8	6	20	26	6	3	5	7	19	24	4	4	6	6	16	16	1	2	9	9
11:00:00	12:00:00	21	24	0	4	6	6	17	19	0	1	8	8	22	22	2	6	8	9	16	15	2	2	9	6
12:00:00	13:00:00	18	18	2	5	8	10	48	19	3	2	10	5	28	20	2	1	7	6	19	22	2	5	9	10
13:00:00	14:00:00	26	15	5	2	13	7	29	20	1	4	6	7	34	23	5	4	6	6	21	18	3	2	11	9
14:00:00	15:00:00	20	13	3	5	7	10	29	24	2	3	3	5	23	19	3	1	7	8	19	19	1	3	9	10
15:00:00	16:00:00	16	16	0	2	12	9	24	24	3	0	7	6	39	42	1	0	8	8	13	13	2	2	9	8
16:00:00	17:00:00	18	15	3	2	10	7	20	34	3	2	7	7	41	28	1	2	7	8	19	16	1	2	9	7
17:00:00	18:00:00	18	23	5	5	7	8	28	22	4	3	4	5	37	20	4	2	7	6	23	20	4	3	8	9
18:00:00	19:00:00	30	22	6	2	10	5	27	23	6	4	6	4	30	24	2	5	5	3	27	22	11	4	8	9
19:00:00	20:00:00	28	18	10	2	3	7	28	18	7	1	3	4	23	18	4	6	3	3	21	13	6	2	2	3
20:00:00	21:00:00	17	13	4	1	1	2	17	11	4	5	1	0	15	19	4	2	0	0	20	11	3	2	1	1
21:00:00	22:00:00	17	15	8	2	0	0	24	15	3	8	0	0	16	12	0	1	0	0	14	15	1	0	0	0
22:00:00	23:00:00	11	7	2	1	0	0	13	15	3	1	0	0	13	19	2	1	0	0	7	4	1	0	0	0
23:00:00	23:59:59	5	4	1	1	0	0	11	18	2	1	0	0	3	10	2	0	0	0	4	2	1	0	0	0
TOTAL DIARIO POR CARRIL Y TIPO DE VEHICULO		328	310	69	63	115	113	416	384	54	56	88	85	415	419	49	54	95	88	309	300	48	51	118	113
TOTAL DIARIO POR TIPO DE VEHICULO		638		132		228		800		110		173		834		103		183		609		99		231	
TOTAL DIARIO ABSOLUTO (CARROS/PESADOS)		866						973						1017						840					
PROMEDIO DIARIO		13.67	12.92	2.88	2.63	4.79	4.71	17.33	16.00	2.25	2.33	3.67	3.54	17.29	17.46	2.04	2.25	3.96	3.67	12.88	12.50	2.00	2.13	4.92	4.71

MARTES						MIÉRCOLES						JUEVES						FACTOR HORARIO		FACTOR DIARIO					
CARROS		MOTOS		PESADOS		CARROS		MOTOS		PESADOS		CARROS		MOTOS		PESADOS		1		1					
SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA	SUBIDA	BAJADA								
2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	24	horas	24	días				
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	24	horas	24	días				
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	12	0	0	1	0	6	6	0	1	1	2	3	7	0	0	1	0	Fh	1	Fd	1				
14	24	1	6	6	9	12	28	0	7	8	9	15	31	1	8	7	10								
17	26	2	7	9	9	21	20	3	10	10	11	21	22	2	12	11	10								
12	24	3	3	10	8	22	19	4	4	7	7	10	16	5	3	10	6								
12	7	3	2	6	7	11	12	1	4	7	8	16	13	1	2	5	7								
19	19	1	4	9	9	19	16	3	1	11	9	9	12	0	1	7	9								
20	21	4	2	9	6	10	12	1	1	9	7	17	12	2	4	9	5								
18	22	0	6	10	11	17	22	0	2	8	9	23	21	6	6	10	9								
24	22	4	3	10	10	22	13	0	1	10	8	18	18	4	1	12	9								
16	19	0	2	9	8	20	18	1	3	9	9	21	19	2	2	10	12								
14	18	1	1	11	5	13	12	2	2	8	9	13	9	2	2	9	9								
18	16	2	2	10	7	15	22	1	2	9	7	23	10	0	1	9	8								
26	23	1	3	8	9	23	22	3	4	9	7	20	15	7	1	7	11								
28	25	15	5	10	8	27	18	9	0	7	10	27	24	10	7	8	8								
17	11	5	2	3	4	24	15	7	2	1	3	21	12	7	2	2	2								
22	10	3	0	0	1	19	7	3	2	1	0	18	15	3	3	1	1								
18	18	1	0	0	0	11	14	2	0	0	0	12	13	0	0	0	0								
6	2	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	9	6	2	1	0	1								
5	4	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	4	3	1	0	0	0								
318	331	48	48	121	111	301	285	41	46	116	115	302	279	55	56	119	118	PARA ESALS							
649		96		232		586		87		231		581		111		237		LIVIANOS	609	649	586	581	638	800	834
		881						817						818				PESADOS	231	232	231	237	228	173	183
13.25	13.79	2.00	2.00	5.04	4.63	12.54	11.88	1.71	1.92	4.83	4.79	12.58	11.63	2.29	2.33	4.96	4.92	PROMEDIO LIVIANOS	671	TPDA LIVIANOS	746				
																		PROMEDIO PESADOS	216	TPDA PESADOS	241				

FACTOR SEMANAL	1
----------------	---

Mes	# De Dias	# De Semanas	Fs
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	28	4	1
Marzo	31	4.428571429	1.107142857
Abril	30	4.285714286	1.071428571
Mayo	31	4.428571429	1.107142857
Junio	30	4.285714286	1.071428571
Julio	31	4.428571429	1.107142857
Agosto	31	4.428571429	1.107142857
Septiembre	30	4.285714286	1.071428571
Octubre	31	4.428571429	1.107142857
Noviembre	30	4.285714286	1.071428571
Diciembre	31	4.428571429	1.107142857
TOTAL	365		

FACTOR MENSUAL	1.111524366
----------------	-------------

Mes	Extra	Super	Diesel	Suma	Factor mensual
Enero	5041034.00 \$	426907.00 \$	3821603.00 \$	9289544.00 \$	1.059591614
Febrero	4880836.00 \$	433298.00 \$	3541383.00 \$	8855517.00 \$	1.111524366
Marzo	5355979.00 \$	453869.00 \$	3841103.00 \$	9650951.00 \$	1.018912226
Abril	5032952.00 \$	413959.00 \$	3736007.00 \$	9182918.00 \$	1.071894894
Mayo	5078272.00 \$	399376.00 \$	4163812.00 \$	9641460.00 \$	1.020916222
Junio	5196709.00 \$	387913.00 \$	4223877.00 \$	9808499.00 \$	1.003529991
Julio	5547513.00 \$	419991.00 \$	4503173.00 \$	10470677.00 \$	0.940065568
Agosto	5452805.00 \$	428022.00 \$	4448420.00 \$	10329247.00 \$	0.952937123
Septiembre	5349558.00 \$	389638.00 \$	4417146.00 \$	10156343.00 \$	0.989160151
Octubre	5258978.00 \$	392703.00 \$	4126129.00 \$	9777810.00 \$	1.006679708
Noviembre	5417543.00 \$	396626.00 \$	4330418.00 \$	10144587.00 \$	0.970283257
Diciembre	5907968.00 \$	444561.00 \$	4457393.00 \$	10809922.00 \$	0.910563732
TOTAL ANUAL	63520148.00 \$	4985863.00 \$	49610464.00 \$		
PROMEDIO DE LA SUMA MENSUAL DE LOS 3 TIPOS DE COMBUSTIBLES				9843122.92 \$	

TPDA	$TPDA = T_p * F_h * F_d * F_s * F_m$
	986

AÑO	POBLACION CENSAL	TASA % GEOMETRICO
2001	38587	
2010	42709	0.0113410
2020	43188	0.0011159
PROMEDIO	41495	0.00622844

CLASIFICACION DE VEHICULOS							
A2				B			
TIPO	%	TPDA	ri	TIPO	%	TPDA	ri
VEHICULO	100	27100	4.47%	2DB	40	281	2.73%

TRAFICO PROYECTADO A 20 ANOS (2044)	$T = T_a (1+i)^n$	Ta = TPDA	i = tasa pobla	n = anos a proy
	1116			

		ESALS						
		TIPO DE VEHICULO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	ESALS DISENO	ESALS CORREGIDO
			A	B	C	D	E	
Numero de Carriles	2.0							
Numero de Carriles c/direccion	1.0							
Periodo de Diseo	20.0							
% Confiabilidad	85.0	Livianos	671	0.001	0.0447	31.97	3331.4	3753.65125
Zr	1.036	Camiones 2 ejes 6 ruedas	216	3.762	0.0273	26.49	3928969.1	4426905.8
CALCULO DE PARAMETROS	porcentaje 1	Camiones 3 o mas ejes	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	porcentaje 2							
σ	0.05	Total	887				TOTAL DE ESALS	4'430'659

VELOCIDAD DE DISEÑO

CUADRO IV-1
VELOCIDADES DE DISEÑO (KM/H)

CATEGORÍA DE LA VÍA	T.P.D.A. (INTERVALO)	VELOCIDAD DE DISEÑO (KM/H)												
		BÁSICA						PERMISIBLE EN TERMINOS DIFÍCILES						
		[RELIEVE LLANO]		[RELIEVE ONDULADO]		[RELIEVE ONDULADO]		[RELIEVE MONTAÑOSO]		[RELIEVE MONTAÑOSO]		[RELIEVE MONTAÑOSO]		
II	Todas	120	110	100	95	110	90	85	80	75	70	65	60	55
III	Todas	100	90	85	80	90	75	70	65	60	55	50	45	40
IV	Todas	80	75	70	65	70	60	55	50	45	40	35	30	25
V	Todas	60	55	50	45	50	40	35	30	25	20	15	10	5

Nota: Los valores recomendados se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía.

Los valores absolutos se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de vía y/o el relieve sea difícil o escarpado.

La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, SE y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger-Proteccion" 1984 y categoría V son los caminos vecinales 4 y 4E.

En zonas con perfiles de materialización profundo (extricciones) requerirán de un diseño especial considerando las especificaciones geológicas.

Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd m a 20 Km/h.

TPDA 986

SEGUN TPDA
CATEGORÍA III

RELIEVE
MONTAÑOSO

40 Km/h
40 Km/h

Para trazado longitudinal
Para trazado transversal y demás calculos

RADIO MINIMO DE CURVATURA

República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

NORMAS	CLASE I 3 000 - 4 000 TPDA ⁽¹⁾		CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾		CLASE III 300 - 1 000 TPDA ⁽¹⁾		CLASE IV 100 - 300 TPDA ⁽¹⁾		CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾		
	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	RECOMENDABLE	ABSOLUTA	
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	70	60	50	40	30	20	10	
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	400	350	250	200	150	100	75	50	30	15	
Potencia de visibilidad para bajada (m)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Potencia de visibilidad para rebasamiento (m)	800	600	400	300	200	150	100	75	50	30	
Peralte	NADUNO - 10%						10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)				
Coeficiente "K" para: ⁽²⁾											
Curvas verticales convexas (m)	80	60	40	30	20	15	10	7	5	3	
Curvas verticales cóncavas (m)	80	60	40	30	20	15	10	7	5	3	
Gradiente longitudinal máximo (%)	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	
Gradiente longitudinal mínimo (%)	0,5%										
Ancho de pavimento (m)	7,5	7,5	7,0	6,70	6,30	6,00	5,70	5,40	5,10	4,80	
Line de pavimento	Capea Aditiva y Homoplea		Capea Aditiva		Capea Aditiva o D.T.S.B.		D.T.S.B. Capea Granular o Empedrado		Capea Granular o Empedrado		
Ancho de espaldones ⁽³⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0										
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁴⁾ - 4,0										
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO										
Carga de diseño	185 - 20 - 44 - 185 - 185 - 23										
Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSIÓN DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES										
Ancho de Axera (m) ⁽⁵⁾	0,50 m mínimo a cada lado										
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 76 de la Ley de Caminos y el Art. 4 del Reglamento aplicativo de dicha Ley										
	LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO										

SEGUN TABLAS
e 6.00%
f 0.221

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

Rmin 44.83 m

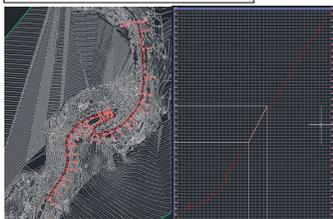
1.63477503 %
7 Radio critico
A usar 5% por seguridad

RADIOS MINIMOS DE CURVAS EN FUNCION DEL PERALTE "e" y DEL COEFICIENTE DE FRICCION LATERAL "f"

Velocidad de Diseño (km/h)	"f"	RADIO MINIMO CALCULADO				RADIO MINIMO RECOMENDADO			
		e=0.10	e=0.08	e=0.05	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.05	e=0.04
20	0.350	7.52	7.08	6.08	18	20	20	20	
25	0.318	12.44	11.12	9.38	20	25	25	25	
30	0.284	18.47	16.40	13.80	25	30	30	30	
35	0.256	26.78	23.82	19.70	30	35	35	35	
40	0.221	37.88	33.85	27.77	35	40	40	40	
45	0.200	50.78	45.64	37.82	40	45	45	45	
50	0.190	65.47	59.14	48.70	45	50	50	50	
55	0.185	81.97	73.96	60.28	50	55	55	55	
60	0.160	101.25	91.76	75.23	60	60	60	60	
70	0.140	150.07	133.08	109.07	70	70	70	70	
80	0.134	212.65	188.04	152.78	80	80	80	80	
90	0.130	287.26	254.96	204.42	90	90	90	90	
100	0.124	376.34	337.94	270.06	100	100	100	100	
110	0.120	481.39	439.93	350.82	110	110	110	110	
120	0.120	603.39	550.93	440.82	120	120	120	120	

DISTANCIA DE FRENADO

$$D_{frenado} = \frac{Vc^2}{254 * (f \pm G)}$$



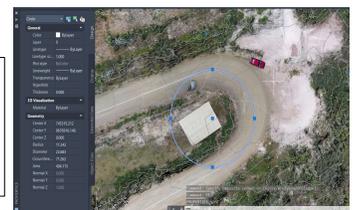
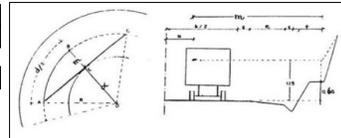
SEGUN TOPOGRAFIA

COTA INICIO	2326	MSNM
COTA FIN	2338	MSNM
EN	100	m
PENDIENTE	12.00%	aprox
Pendiente mas critica	12.00%	
Distancia de frenado bajada	62.37	m
Distancia de frenado subida	18.47	m

DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES

$$m = R_c * \left(1 - \cos \left(\frac{28,65 * D_p}{R_c} \right) \right)$$

SEGUN TOPOGRAFIA
RADIO CRITICO 9.88 m
m 7.78 metros

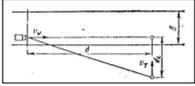


DISTANCIA DE VISIBILIDAD LATERAL

$$dL = \frac{Vt}{Vv} * d$$

SEGUN NORMA
VELOCIDAD TRANSEUNTE 10 Km/h

dL 15.59 m



DISTANCIA DE REBASAMIENTO

DISTANCIA MÍNIMA DE VISIBILIDAD PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO

V _v , Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MÍNIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASANTE	REBASADO	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

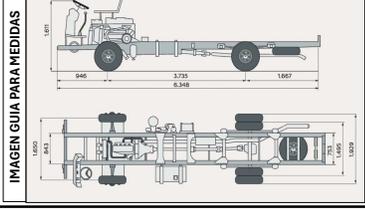
SEGUN TABLA
dr 150 m
OCUPAMOS EL MINIMO RECOMENDADO (CAMINO VECINAL)

SOBREANCHOS

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

# de curva en civil	# de curva	radio	vel. diseño	dist. entre frontal y eje	# carriles	sobreecho
2	1	15.000	40	7	2	4.5
4	2	27.146	40	7	2	2.6
6	3	92.464	40	7	2	0.9
8	4	24.716	40	7	2	2.8
10	5	183.270	40	7	2	0.6
12	6	45.000	40	7	2	1.7
14	7	45.000	40	7	2	1.7
16	8	45.000	40	7	2	1.7
18	9	45.000	40	7	2	1.7
20	10	45.000	40	7	2	1.7
22	11	16.291	40	7	2	4.2
24	12	45.000	40	7	2	1.7
26	13	85.271	40	7	2	1.0
28	14	98.640	40	7	2	0.9
30	15	45.000	40	7	2	1.7
32	16	45.000	40	7	2	1.7
34	17	118.795	40	7	2	0.8
36	18	109.675	40	7	2	0.8
38	19	10.366	40	7	2	6.7
40	20	9.880	40	7	2	7.1
42	21	99.851	40	7	2	0.9
44	22	45.000	40	7	2	1.7
46	23	109.038	40	7	2	0.8
48	24	45.000	40	7	2	1.7
50	25	55.556	40	7	2	1.4
52	26	18.070	40	7	2	3.8
54	27	39.228	40	7	2	1.9
56	28	12.971	40	7	2	5.2
58	29	11.283	40	7	2	6.1
60	30	58.129	40	7	2	1.4
62	31	17.897	40	7	2	3.8
64	32	11.972	40	7	2	5.7
66	33	51.804	40	7	2	1.5
68	34	70.393	40	7	2	1.2
70	35	45.000	40	7	2	1.7
72	36	22.313	40	7	2	3.1
74	37	27.578	40	7	2	2.6
76	38	68.202	40	7	2	1.2
78	39	17.248	40	7	2	3.9
80	40	41.018	40	7	2	1.8
82	41	11.724	40	7	2	5.8
84	42	29.283	40	7	2	2.4
86	43	45.000	40	7	2	1.7
88	44	36.047	40	7	2	2.0
90	45	54.633	40	7	2	1.4
92	46	10.406	40	7	2	6.7
94	47	210.983	40	7	2	0.5
96	48	27.164	40	7	2	2.6
98	49	11.562	40	7	2	5.9
100	50	69.708	40	7	2	1.2
102	51	56.167	40	7	2	1.4
104	52	9.716	40	7	2	7.2

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO [Ton.]	LON GITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS [metros]		
				largo	Ancho	Alto
2 D		CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00
2DA		CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB		CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10



DISTANCIA CONSIDERADA ENTRE PARTE FRONTAL Y EJE TÁRSERO 7 m

3				4			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$		Rad	$\Delta/3$	$\Delta = 31.7$		Rad	$\Delta/4$
PI= 153.75	*	0.528	15.14	PI= 229.6	*	0.553	15.85
R= 92.46 m				R= 24.62 m			
v= 40 Km/h				v= 40 Km/h			
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	48.30	m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	13.45	m
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	25.02	m	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	6.99	m
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	29.93	grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	31.30	grados
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	48.86	m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	13.62	m
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	3.32	m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.97	m
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	3.21	m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.94	m
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.31	1/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.16	1/m
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	14.96	1/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	15.65	1/cuerda
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	2.50	m		L replanteo	3.50	m
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	128.73		$PC = PI - T$	PC=	222.61	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	177.60		$PT = PC + L$	PT=	236.23	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	153.16		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	229.42	
5				6			
$\Delta = 23.29$		Rad	$\Delta/4$	$\Delta = 3$		Rad	$\Delta/5$
PI= 306.13	*	0.406	11.645	PI= 493.67	*	0.052	1.5
R= 183.27 m				R= 45 m			
v= 40 Km/h				v= 40 Km/h			
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	73.99	m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	2.36	m
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	37.77	m	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	1.18	m
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	23.13	grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	3.00	grados
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	74.50	m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	2.36	m
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	3.85	m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.02	m
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	3.77	m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.02	m
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.16	1/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64	1/m
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	11.56	1/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	1.50	1/cuerda
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	3.50	m		L replanteo	4.50	m
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	268.36		$PC = PI - T$	PC=	492.49	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	342.86		$PT = PC + L$	PT=	494.85	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	305.61		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	493.67	

7				8			
$\Delta =$	24.21	*	Rad $\Delta/5$	$\Delta =$	9.11	*	Rad $\Delta/6$
$PI =$	554.43		0.423 12.105	$PI =$	599.1		0.159 4.555
$R =$	45 m			$R =$	45 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	18.87 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	7.15 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	9.65 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	3.59 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	24.03 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	9.10 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	19.01 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	7.15 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.02 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.14 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.00 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.14 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	12.02 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	4.55 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	4.50 m			L replanteo	5.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	544.78		$PC = PI - T$	PC=	595.51	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	563.79		$PT = PC + L$	PT=	602.67	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	554.29		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	599.09	
9				10			
$\Delta =$	26.65	*	Rad $\Delta/6$	$\Delta =$	35.28	*	Rad $\Delta/7$
$PI =$	637.49		0.465 13.325	$PI =$	696.68		0.616 17.64
$R =$	45 m			$R =$	45 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	20.74 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	27.27 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	10.66 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	14.31 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	26.41 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	34.73 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	20.93 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	27.71 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.24 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.22 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.21 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.12 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	13.21 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	17.36 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	5.50 m			L replanteo	6.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	626.83		$PC = PI - T$	PC=	682.37	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	647.76		$PT = PC + L$	PT=	710.08	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	637.30		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	696.22	

11				12			
$\Delta =$	107	Rad	$\Delta/7$	$\Delta =$	13.23	Rad	$\Delta/8$
$PI =$	769.22		1.868	$PI =$	815.81		0.231
$R =$	16.29 m		53.5	$R =$	45 m		6.615
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	26.19 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	10.37 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	22.01 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	5.22 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	92.12 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	13.20 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	30.42 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	10.39 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	11.10 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.30 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	6.60 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.30 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.76 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	46.06 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	6.60 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	6.50 m			L replanteo	7.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	747.21		$PC = PI - T$	PC=	810.59	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	777.63		$PT = PC + L$	PT=	820.98	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	762.42		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	815.79	
13				14			
$\Delta =$	47.9	Rad	$\Delta/8$	$\Delta =$	23.12	Rad	$\Delta/9$
$PI =$	905.52		0.836	$PI =$	973.6		0.404
$R =$	85.27 m		23.95	$R =$	98.64 m		11.56
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	69.23 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	39.53 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	37.88 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	20.18 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	46.52 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	22.96 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	71.29 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	39.80 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	8.03 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.04 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	7.34 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.00 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.34 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.29 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	23.26 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	11.48 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	7.50 m			L replanteo	8.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	867.64		$PC = PI - T$	PC=	953.42	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	938.93		$PT = PC + L$	PT=	993.23	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	903.29		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	973.33	

15				16			
$\Delta =$	6.71	Rad	$\Delta/9$	$\Delta =$	6.66	Rad	$\Delta/10$
$PI =$	1013.02	*	0.117	3.355	$PI =$	1054.09	0.116
$R =$	45 m				$R =$	45 m	
$v =$	40 Km/h				$v =$	40 Km/h	
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL =	5.27 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL =	5.23 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T =	2.64 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T =	2.62 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc =	6.71 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc =	6.66 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L =	5.27 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L =	5.23 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E =	0.08 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E =	0.08 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M =	0.08 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M =	0.08 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m =	0.64 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m =	0.64 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c =	3.35 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c =	3.33 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	8.50 m			L replanteo	9.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC =	1010.38		$PC = PI - T$	PC =	1051.47	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT =	1015.65		$PT = PC + L$	PT =	1056.70	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC =	1013.02		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC =	1054.09	
17				18			
$\Delta =$	34.96	Rad	$\Delta/10$	$\Delta =$	38.1	Rad	$\Delta/11$
$PI =$	1158.29	*	0.610	17.48	$PI =$	1247.94	0.665
$R =$	118.79 m				$R =$	109.67 m	
$v =$	40 Km/h				$v =$	40 Km/h	
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL =	71.36 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL =	71.59 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T =	37.41 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T =	37.87 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc =	34.42 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc =	37.40 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L =	72.48 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L =	72.93 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E =	5.75 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E =	6.35 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M =	5.49 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M =	6.01 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m =	0.24 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m =	0.26 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c =	17.21 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c =	18.70 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	9.50 m			L replanteo	10.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC =	1120.88		$PC = PI - T$	PC =	1210.07	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT =	1193.36		$PT = PC + L$	PT =	1283.00	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC =	1157.12		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC =	1246.53	

19				20			
$\Delta =$	162.21	Rad	$\Delta/11$	$\Delta =$	164.96	Rad	$\Delta/12$
$PI =$	1388.57		2.831 81.105	$PI =$	1470.68		2.879 82.48
$R =$	10.37 m			$R =$	9.88 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL =	20.49 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL =	19.59 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T =	66.26 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T =	74.84 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc =	113.21 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc =	113.61 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L =	29.36 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L =	28.45 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E =	56.70 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E =	65.61 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M =	8.77 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M =	8.59 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m =	2.76 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m =	2.90 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c =	56.61 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c =	56.80 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	10.50 m			L replanteo	11.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC =	1322.31		$PC = PI - T$	PC =	1395.84	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT =	1351.67		$PT = PC + L$	PT =	1424.28	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC =	1336.99		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC =	1410.06	
21				22			
$\Delta =$	37.09	Rad	$\Delta/12$	$\Delta =$	39.72	Rad	$\Delta/13$
$PI =$	1502.02		0.647 18.545	$PI =$	1559.78		0.693 19.86
$R =$	99.85 m			$R =$	45 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL =	63.51 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL =	30.58 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T =	33.50 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T =	16.25 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc =	36.45 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc =	38.93 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L =	64.64 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L =	31.20 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E =	5.47 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E =	2.85 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M =	5.18 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M =	2.68 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m =	0.29 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m =	0.64 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c =	18.22 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c =	19.46 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	11.50 m			L replanteo	12.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC =	1468.52		$PC = PI - T$	PC =	1543.53	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT =	1533.16		$PT = PC + L$	PT =	1574.72	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC =	1500.84		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC =	1559.12	

23				24			
$\Delta =$	41.2	Rad	$\Delta/13$	$\Delta =$	6.22	Rad	$\Delta/14$
$PI =$	1632.1	*	0.719	$PI =$	1734.96	*	0.109
$R =$	109.04 m		20.6	$R =$	45 m		3.11
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	76.73 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	4.88 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	40.99 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	2.44 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	40.32 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	6.22 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	78.41 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	4.89 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	7.45 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.07 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	6.97 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.07 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.26 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	20.16 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	3.11 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	12.50 m			L replanteo	13.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	1591.11		$PC = PI - T$	PC=	1732.52	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	1669.52		$PT = PC + L$	PT=	1737.40	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	1630.32		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	1734.96	
25				26			
$\Delta =$	63.27	Rad	$\Delta/14$	$\Delta =$	32.35	Rad	$\Delta/15$
$PI =$	1847.49	*	1.104	$PI =$	1888.53	*	0.565
$R =$	55.56 m		31.635	$R =$	18.07 m		16.175
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	58.28 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	10.07 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	34.23 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	5.24 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	60.10 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	31.92 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	61.35 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	10.20 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	9.70 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.74 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	8.26 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.72 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.52 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.59 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	30.05 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	15.96 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	13.50 m			L replanteo	14.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	1813.26		$PC = PI - T$	PC=	1883.29	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	1874.62		$PT = PC + L$	PT=	1893.49	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	1843.94		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	1888.39	

27				28			
$\Delta =$	44.15	*	Rad	$\Delta/15$	0.771	22.075	
$PI =$	1920.81						
$R =$	39.23	m					
$v =$	40	Km/h					
$\Delta =$	78.84	*	Rad	$\Delta/16$	1.376	39.42	
$PI =$	1954.76						
$R =$	12.97	m					
$v =$	40	Km/h					
L.CUERDA	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	29.49	m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	16.47
TANGENTE	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	15.91	m	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	10.66
G.CURVATURA	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	43.07	grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	72.77
L.CURVA CIRCULAR	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	30.23	m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	17.85
EXTERNA	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	3.10	m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	3.82
ORDENADA MEDIANA	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.88	m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.95
DEFLEXION POR METRO	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.73	1/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	2.21
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	21.53	1/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	36.38
L.DE REPLANTEO	L replanteo		14.50	m	L replanteo		15.50
PRINCIPIO DE CURVA	$PC = PI - T$	PC=	1904.90		$PC = PI - T$	PC=	1944.10
PRINCIPIO DE TANGENTE	$PT = PC + L$	PT=	1935.13		$PT = PC + L$	PT=	1961.95
PUNTO MEDIO DE CURVA	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	1920.01		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	1953.02
29				30			
$\Delta =$	72.84	*	Rad	$\Delta/16$	1.271	36.42	
$PI =$	1992.43						
$R =$	11.28	m					
$v =$	40	Km/h					
$\Delta =$	94.01	*	Rad	$\Delta/17$	1.641	47.005	
$PI =$	2099.74						
$R =$	58.13	m					
$v =$	40	Km/h					
L.CUERDA	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	13.39	m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	85.03
TANGENTE	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	8.32	m	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	62.35
G.CURVATURA	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	68.03	grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	83.81
L.CURVA CIRCULAR	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	14.34	m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	95.38
EXTERNA	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.74	m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	27.11
ORDENADA MEDIANA	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.20	m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	18.49
DEFLEXION POR METRO	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	2.54	1/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.49
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	34.02	1/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	41.91
L.DE REPLANTEO	L replanteo		15.50	m	L replanteo		16.50
PRINCIPIO DE CURVA	$PC = PI - T$	PC=	1984.11		$PC = PI - T$	PC=	2037.39
PRINCIPIO DE TANGENTE	$PT = PC + L$	PT=	1998.45		$PT = PC + L$	PT=	2132.77
PUNTO MEDIO DE CURVA	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	1991.28		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2085.08

31				32			
$\Delta =$	26.02	*	Rad $\Delta/17$	$\Delta =$	23.11	*	Rad $\Delta/18$
$PI =$	2152.95		0.454 13.01	$PI =$	2188.05		0.403 11.555
$R =$	17.9 m			$R =$	11.97 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	8.06 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	4.80 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	4.14 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	2.45 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	25.80 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	22.95 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	8.13 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	4.83 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.47 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.25 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.46 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.24 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.60 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	2.39 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	12.90 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	11.48 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	16.50 m			L replanteo	17.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	2148.81		$PC = PI - T$	PC=	2185.60	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	2156.94		$PT = PC + L$	PT=	2190.43	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2152.88		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2188.02	
33				34			
$\Delta =$	25.16	*	Rad $\Delta/18$	$\Delta =$	21.42	*	Rad $\Delta/19$
$PI =$	2281.82		0.439 12.58	$PI =$	2330.49		0.374 10.71
$R =$	51.8 m			$R =$	70.39 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	22.56 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	26.16 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	11.56 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	13.31 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	24.96 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	21.30 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	22.75 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	26.32 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.27 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.25 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.24 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.23 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.55 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.41 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	12.48 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	10.65 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	17.50 m			L replanteo	18.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	2270.26		$PC = PI - T$	PC=	2317.18	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	2293.01		$PT = PC + L$	PT=	2343.49	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2281.63		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2330.33	

35				36			
$\Delta =$	22.2	Rad	$\Delta/19$	$\Delta =$	46.51	Rad	$\Delta/20$
$PI =$	2372.23		11.1	$PI =$	2408.44		23.255
$R =$	45 m			$R =$	22.31 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	17.33 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	17.62 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	8.83 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	9.59 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	22.06 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	45.24 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	17.44 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	18.11 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.86 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.97 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.84 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.81 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.28 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	11.03 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	22.62 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	18.50 m			L replanteo	19.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	2363.40		$PC = PI - T$	PC=	2398.85	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	2380.84		$PT = PC + L$	PT=	2416.96	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2372.12		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2407.91	
37				38			
$\Delta =$	39.26	Rad	$\Delta/20$	$\Delta =$	72.34	Rad	$\Delta/21$
$PI =$	2437.6		19.63	$PI =$	2704.54		36.17
$R =$	27.58 m			$R =$	68.2 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	18.53 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	80.50 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	9.84 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	49.86 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	38.50 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	67.63 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	18.90 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	86.11 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.70 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	16.28 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.60 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	13.14 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.04 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.42 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	19.25 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	33.82 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	19.50 m			L replanteo	20.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	2427.76		$PC = PI - T$	PC=	2654.68	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	2446.66		$PT = PC + L$	PT=	2740.79	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2437.21		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2697.73	

39				40			
$\Delta =$	89.27	Rad	$\Delta/21$	$\Delta =$	110.57	Rad	$\Delta/22$
$PI =$	2828.35		1.558 44.635	$PI =$	2919.22		1.930 55.285
$R =$	17.25 m			$R =$	41.02 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	24.24 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	67.44 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	17.03 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	59.21 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	80.51 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	94.19 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	26.88 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	79.16 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	6.99 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	31.01 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	4.97 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	17.66 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.66 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.70 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	40.26 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	47.10 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	20.50 m			L replanteo	21.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	2811.32		$PC = PI - T$	PC=	2860.01	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	2838.19		$PT = PC + L$	PT=	2939.17	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2824.76		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2899.59	
41				42			
$\Delta =$	131.66	Rad	$\Delta/22$	$\Delta =$	65.38	Rad	$\Delta/23$
$PI =$	3008.28		2.298 65.83	$PI =$	3075.36		1.141 32.69
$R =$	11.72 m			$R =$	29.28 m		
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	21.39 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	31.63 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	26.11 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	18.79 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	104.55 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	61.89 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	26.93 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	33.41 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	16.90 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	5.51 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	6.92 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	4.64 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	2.44 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.98 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	52.27 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	30.95 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	21.50 m			L replanteo	22.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	2982.17		$PC = PI - T$	PC=	3056.57	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	3009.10		$PT = PC + L$	PT=	3089.98	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	2995.63		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3073.28	

43				44			
$\Delta =$	40.5	Rad	$\Delta/23$	$\Delta =$	20.03	Rad	$\Delta/24$
$PI =$	3130.96		0.707	$PI =$	3167.43		0.350
$R =$	45 m		20.25	$R =$	36.05 m		10.015
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	31.15 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	12.54 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	16.60 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	6.37 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	39.66 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	19.93 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	31.81 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	12.60 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.96 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	0.56 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.78 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	0.55 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.64 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.79 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	19.83 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	9.96 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	22.50 m			L replanteo	23.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	3114.36		$PC = PI - T$	PC=	3161.06	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	3146.17		$PT = PC + L$	PT=	3173.67	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3130.26		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3167.37	
45				46			
$\Delta =$	23.01	Rad	$\Delta/24$	$\Delta =$	70.96	Rad	$\Delta/25$
$PI =$	3216.2		0.402	$PI =$	3275.81		1.238
$R =$	54.63 m		11.505	$R =$	10.41 m		35.48
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	21.79 m		$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	12.08 m	
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	11.12 m		$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	7.42 m	
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	22.86 grados		$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	66.51 grados	
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	21.94 m		$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	12.89 m	
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.12 m		$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.37 m	
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.10 m		$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.93 m	
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.52 1/m		$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	2.75 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	11.43 1/cuerda		$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	33.26 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
	L replanteo	23.50 m			L replanteo	24.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$	PC=	3205.08		$PC = PI - T$	PC=	3268.39	
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$	PT=	3227.02		$PT = PC + L$	PT=	3281.28	
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3216.05		$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3274.84	

47				48				
$\Delta =$	23.03	*	Rad	$\Delta/25$	49.67	*	Rad	$\Delta/26$
$PI =$	3363.99			0.402	3559.45			0.867
$R =$	210.98 m			11.515	27.16 m			24.835
$v =$	40 Km/h				40 Km/h			
L.CUERDA	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	84.23 m	L.CUERDA	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	22.81 m	
TANGENTE	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	42.98 m	TANGENTE	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	12.57 m	
G.CURVATURA	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	22.88 grados	G.CURVATURA	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	48.13 grados	
L.CURVA CIRCULAR	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	84.80 m	L.CURVA CIRCULAR	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	23.55 m	
EXTERNA	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	4.33 m	EXTERNA	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	2.77 m	
ORDENADA MEDIANA	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	4.25 m	ORDENADA MEDIANA	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	2.51 m	
DEFLEXION POR METRO	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.14 1/m	DEFLEXION POR METRO	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	1.05 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	11.44 1/cuerda	DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	24.06 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO	L replanteo		24.50 m	L.DE REPLANTEO	L replanteo		25.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA	$PC = PI - T$	PC=	3321.01	PRINCIPIO DE CURVA	$PC = PI - T$	PC=	3546.88	
PRINCIPIO DE TANGENTE	$PT = PC + L$	PT=	3405.81	PRINCIPIO DE TANGENTE	$PT = PC + L$	PT=	3570.43	
PUNTO MEDIO DE CURVA	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3363.41	PUNTO MEDIO DE CURVA	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3558.65	
49				50				
$\Delta =$	51.38	*	Rad	$\Delta/26$	38.03	*	Rad	$\Delta/27$
$PI =$	3583.19			0.897	3754.4			0.664
$R =$	11.56 m			25.69	69.71 m			19.015
$v =$	40 Km/h				40 Km/h			
L.CUERDA	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	10.02 m	L.CUERDA	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$	CL=	45.43 m	
TANGENTE	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	5.56 m	TANGENTE	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$	T=	24.02 m	
G.CURVATURA	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	49.68 grados	G.CURVATURA	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$	Gc=	37.34 grados	
L.CURVA CIRCULAR	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	10.37 m	L.CURVA CIRCULAR	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$	L=	46.27 m	
EXTERNA	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	1.27 m	EXTERNA	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$	E=	4.02 m	
ORDENADA MEDIANA	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	1.14 m	ORDENADA MEDIANA	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$	M=	3.80 m	
DEFLEXION POR METRO	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	2.48 1/m	DEFLEXION POR METRO	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$	D.m=	0.41 1/m	
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	24.84 1/cuerda	DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA	$D.c = \frac{Gc}{2}$	D.c=	18.67 1/cuerda	
L.DE REPLANTEO	L replanteo		25.50 m	L.DE REPLANTEO	L replanteo		26.50 m	
PRINCIPIO DE CURVA	$PC = PI - T$	PC=	3577.63	PRINCIPIO DE CURVA	$PC = PI - T$	PC=	3730.38	
PRINCIPIO DE TANGENTE	$PT = PC + L$	PT=	3588.00	PRINCIPIO DE TANGENTE	$PT = PC + L$	PT=	3776.65	
PUNTO MEDIO DE CURVA	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3582.81	PUNTO MEDIO DE CURVA	$PM = \frac{PC + PT}{2}$	PC=	3753.51	

51				52			
$\Delta =$	65.74	Rad	$\Delta/27$	$\Delta =$	35.89	Rad	$\Delta/28$
$PI =$	3944.87	*	1.147	$PI =$	4036.77	*	0.626
$R =$	56.17 m		32.87	$R =$	9.72 m		17.945
$v =$	40 Km/h			$v =$	40 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$		CL=	60.97 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$		CL=	5.99 m
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$		T=	36.30 m	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$		T=	3.15 m
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$		Gc=	62.19 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$		Gc=	35.31 grados
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$		L=	64.45 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$		L=	6.09 m
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$		E=	10.71 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$		E=	0.50 m
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$		M=	8.99 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$		M=	0.47 m
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$		D.m=	0.51 1/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$		D.m=	2.95 1/m
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$		D.c=	31.10 1/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$		D.c=	17.65 1/cuerda
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
		L replanteo	26.50 m			L replanteo	27.50 m
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$		PC=	3908.57	$PC = PI - T$		PC=	4033.62
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$		PT=	3973.02	$PT = PC + L$		PT=	4039.71
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$		PC=	3940.80	$PM = \frac{PC + PT}{2}$		PC=	4036.67
53				54			
$\Delta =$	182.685	Rad	$\Delta/28$	$\Delta =$	182.685	Rad	$\Delta/29$
$PI =$	184.207	*	3.188	$PI =$	184.207	*	3.188
$R =$	185.729 m		91.3425	$R =$	185.729 m		91.3425
$v =$	187.251 Km/h			$v =$	187.251 Km/h		
L.CUERDA				L.CUERDA			
$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$		CL=	371.36 m	$CL = 2 * R * \text{sen} \left(\frac{\Delta}{2} \right)$		CL=	371.36 m
TANGENTE				TANGENTE			
$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$		T=	-7924.94 m	$T = R * \text{Tan} \frac{\Delta}{2}$		T=	-7924.94 m
G.CURVATURA				G.CURVATURA			
$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$		Gc=	114.56 grados	$Gc = \frac{360 * CL}{2 * \pi * R}$		Gc=	114.56 grados
L.CURVA CIRCULAR				L.CURVA CIRCULAR			
$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$		L=	592.19 m	$L = \frac{Lc * \Delta}{G}$		L=	592.19 m
EXTERNA				EXTERNA			
$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$		E=	-8112.84 m	$E = R * \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{\Delta}{2}} - 1 \right)$		E=	-8112.84 m
ORDENADA MEDIANA				ORDENADA MEDIANA			
$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$		M=	190.08 m	$M = R * \left(1 - \text{cos} \frac{\Delta}{2} \right)$		M=	190.08 m
DEFLEXION POR METRO				DEFLEXION POR METRO			
$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$		D.m=	0.15 1/m	$D.m = \frac{Gc}{2 * Lc}$		D.m=	0.15 1/m
DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA				DEFLEXION POR UNIDAD DE CUERDA			
$D.c = \frac{Gc}{2}$		D.c=	57.28 1/cuerda	$D.c = \frac{Gc}{2}$		D.c=	57.28 1/cuerda
L.DE REPLANTEO				L.DE REPLANTEO			
		L replanteo	27.50 m			L replanteo	28.50 m
PRINCIPIO DE CURVA				PRINCIPIO DE CURVA			
$PC = PI - T$		PC=	8109.15	$PC = PI - T$		PC=	8109.15
PRINCIPIO DE TANGENTE				PRINCIPIO DE TANGENTE			
$PT = PC + L$		PT=	8701.33	$PT = PC + L$		PT=	8701.33
PUNTO MEDIO DE CURVA				PUNTO MEDIO DE CURVA			
$PM = \frac{PC + PT}{2}$		PC=	8405.24	$PM = \frac{PC + PT}{2}$		PC=	8405.24

ALINEAMIENTOS VERTICALES

REPORTE GENERADO CON EL SOFTWARE DE DISEÑO GEOMETRICO AUTODESK CIVIL 3D 2024

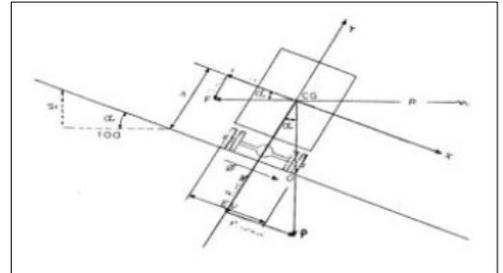
CURVA 1	CURVA 2
<p>Vertical Curve Information:(sag curve)</p> <p>PVC Station: 0+141.51 Elevation: 2,257.630m PVI Station: 0+175.10 Elevation: 2,260.114m PVT Station: 0+208.70 Elevation: 2,264.156m Low Point: 0+141.51 Elevation: 2,257.630m Grade in: 7.39% Grade out: 12.03% Change: 4.64% K: 14.488m Curve Length: 67.190m Curve Radius 1,448.814m Headlight Distance: 123.026m</p>	<p>Vertical Curve Information:(crest curve)</p> <p>PVC Station: 0+335.35 Elevation: 2,279.395m PVI Station: 0+361.32 Elevation: 2,282.520m PVT Station: 0+387.30 Elevation: 2,283.010m High Point: 0+387.30 Elevation: 2,283.010m Grade in: 12.03% Grade out: 1.88% Change: 10.15% K: 5.120m Curve Length: 51.954m Curve Radius 511.975m Passing Distance: 178.362m Stopping Distance: 91.467m</p>
CURVA 3	CURVA 4
<p>Vertical Curve Information:(sag curve)</p> <p>PVC Station: 0+751.62 Elevation: 2,289.875m PVI Station: 0+761.48 Elevation: 2,290.061m PVT Station: 0+771.33 Elevation: 2,290.568m Low Point: 0+751.62 Elevation: 2,289.875m Grade in: 1.88% Grade out: 5.14% Change: 3.26% K: 6.054m Curve Length: 19.713m Curve Radius 605.383m Headlight Distance: 153.631m</p>	<p>Vertical Curve Information:(sag curve)</p> <p>PVC Station: 1+169.78 Elevation: 2,311.050m PVI Station: 1+191.10 Elevation: 2,312.146m PVT Station: 1+212.41 Elevation: 2,314.251m Low Point: 1+169.78 Elevation: 2,311.050m Grade in: 5.14% Grade out: 9.88% Change: 4.74% K: 9.000m Curve Length: 42.630m Curve Radius 900.000m Headlight Distance: 100.616m</p>
CURVA 5	CURVA 6
<p>Vertical Curve Information:(crest curve)</p> <p>PVC Station: 1+946.72 Elevation: 2,386.781m PVI Station: 1+971.50 Elevation: 2,389.229m PVT Station: 1+996.28 Elevation: 2,390.312m High Point: 1+996.28 Elevation: 2,390.312m Grade in: 9.88% Grade out: 4.37% Change: 5.51% K: 9.000m Curve Length: 49.564m Curve Radius 900.000m Passing Distance: 305.573m Stopping Distance: 145.457m</p>	<p>Vertical Curve Information:(sag curve)</p> <p>PVC Station: 2+606.58 Elevation: 2,416.983m PVI Station: 2+616.81 Elevation: 2,417.430m PVT Station: 2+627.05 Elevation: 2,418.110m Low Point: 2+606.58 Elevation: 2,416.983m Grade in: 4.37% Grade out: 6.64% Change: 2.27% K: 9.000m Curve Length: 20.467m Curve Radius 900.000m Headlight Distance: 422.402m</p>
CURVA 7	CURVA 8
<p>Vertical Curve Information:(sag curve)</p> <p>PVC Station: 3+068.05 Elevation: 2,447.411m PVI Station: 3+077.99 Elevation: 2,448.072m PVT Station: 3+087.92 Elevation: 2,449.061m Low Point: 3+068.05 Elevation: 2,447.411m Grade in: 6.64% Grade out: 9.96% Change: 3.31% K: 6.000m Curve Length: 19.874m Curve Radius 600.000m Headlight Distance: 148.651m</p>	<p>Vertical Curve Information:(crest curve)</p> <p>PVC Station: 3+340.54 Elevation: 2,474.213m PVI Station: 3+350.10 Elevation: 2,475.165m PVT Station: 3+359.67 Elevation: 2,475.934m High Point: 3+359.67 Elevation: 2,475.934m Grade in: 9.96% Grade out: 8.04% Change: 1.91% K: 10.000m Curve Length: 19.127m Curve Radius 1,000.000m Passing Distance: 818.053m Stopping Distance: 357.025m</p>
CURVA 9	CURVA 10
<p>Vertical Curve Information:(crest curve)</p> <p>PVC Station: 3+587.10 Elevation: 2,494.229m PVI Station: 3+606.01 Elevation: 2,495.750m PVT Station: 3+624.91 Elevation: 2,495.841m High Point: 3+624.91 Elevation: 2,495.841m Grade in: 8.04% Grade out: 0.48% Change: 7.56% K: 5.000m Curve Length: 37.806m Curve Radius 500.000m Passing Distance: 223.416m Stopping Distance: 106.796m</p>	<p>Vertical Curve Information:(crest curve)</p> <p>PVC Station: 3+650.59 Elevation: 2,495.965m PVI Station: 3+669.38 Elevation: 2,496.056m PVT Station: 3+688.16 Elevation: 2,494.735m High Point: 3+653.01 Elevation: 2,495.971m Grade in: 0.48% Grade out: -7.03% Change: 7.51% K: 5.000m Curve Length: 37.563m Curve Radius 500.000m Passing Distance: 224.616m Stopping Distance: 107.242m</p>

CALCULO DE PERALTE

$$e = \frac{V^2}{127 * R} - f$$

COEF FRICCION 0.221

CURVA	VELOCIDAD	MAXIMO PERALTE RECOMENDADO	ANCHO DE CARRIL	RADIO	PERALTE
CURVA 1	20	10.00%	3	15.000	-0.01%
CURVA 2	20	10.00%	3	27.146	-0.10%
CURVA 3	40	10.00%	3	92.464	-0.08%
CURVA 4	20	10.00%	3	24.716	-0.09%
CURVA 5	40	10.00%	3	183.270	-0.15%
CURVA 6	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 7	20	10.00%	3	45.000	-0.15%
CURVA 8	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 9	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 10	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 11	20	10.00%	3	16.291	-0.03%
CURVA 12	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 13	40	10.00%	3	85.271	-0.07%
CURVA 14	40	10.00%	3	98.640	-0.09%
CURVA 15	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 16	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 17	40	10.00%	3	118.795	-0.11%
CURVA 18	40	10.00%	3	109.675	-0.11%
CURVA 19	20	10.00%	3	10.366	0.08%
CURVA 20	20	10.00%	3	9.880	0.10%
CURVA 21	40	10.00%	3	99.851	-0.09%
CURVA 22	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 23	40	10.00%	3	109.038	-0.11%
CURVA 24	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 25	40	10.00%	3	55.556	0.01%
CURVA 26	20	10.00%	3	18.070	-0.05%
CURVA 27	20	10.00%	3	39.228	-0.14%
CURVA 28	20	10.00%	3	12.971	0.02%
CURVA 29	20	10.00%	3	11.283	0.06%
CURVA 30	40	10.00%	3	58.129	0.00%
CURVA 31	40	10.00%	3	17.897	0.48%
CURVA 32	40	10.00%	3	11.972	0.83%
CURVA 33	40	10.00%	3	51.804	0.02%
CURVA 34	40	10.00%	3	70.393	-0.04%
CURVA 35	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 36	20	10.00%	3	22.313	-0.08%
CURVA 37	20	10.00%	3	27.578	-0.11%
CURVA 38	40	10.00%	3	68.202	-0.04%
CURVA 39	20	10.00%	3	17.248	-0.04%
CURVA 40	20	10.00%	3	41.018	-0.14%
CURVA 41	20	10.00%	3	11.724	0.05%
CURVA 42	20	10.00%	3	29.283	-0.11%
CURVA 43	40	10.00%	3	45.000	0.06%
CURVA 44	30	10.00%	3	36.047	-0.02%
CURVA 45	40	10.00%	3	54.633	0.01%
CURVA 46	20	10.00%	3	10.406	0.08%
CURVA 47	40	10.00%	3	210.983	-0.16%
CURVA 48	40	10.00%	3	27.164	0.24%
CURVA 49	20	10.00%	3	11.562	0.05%
CURVA 50	40	10.00%	3	69.708	-0.04%
CURVA 51	40	10.00%	3	56.167	0.00%
CURVA 52	20	10.00%	3	9.716	0.10%



Profile Vertical Curve Report

Client:

Client

Client Company

Address 1

Date: 06/07/2024 15:35:04

Prepared by:

Preparer

Your Company Name

123 Main Street

Vertical Alignment: RASANTE VIA

Description:

Station Range: Start: 0+000.00, End: 404+000.00

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station: 0+141.51 Elevation: 2,257.630m
PVI Station: 0+175.10 Elevation: 2,260.114m
PVT Station: 0+208.70 Elevation: 2,264.156m
Low Point: 0+141.51 Elevation: 2,257.630m
Grade in: 7.39% Grade out: 12.03%
Change: 4.64% K: 14.488m
Curve Length: 67.190m Curve Radius 1,448.814m
Headlight Distance: 123.026m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station: 0+335.35 Elevation: 2,279.395m
PVI Station: 0+361.32 Elevation: 2,282.520m
PVT Station: 0+387.30 Elevation: 2,283.010m
High Point: 0+387.30 Elevation: 2,283.010m
Grade in: 12.03% Grade out: 1.88%
Change: 10.15% K: 5.120m
Curve Length: 51.954m Curve Radius 511.975m
Passing Distance: 178.362m Stopping Distance: 91.467m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station: 0+751.62 Elevation: 2,289.875m
PVI Station: 0+761.48 Elevation: 2,290.061m
PVT Station: 0+771.33 Elevation: 2,290.568m
Low Point: 0+751.62 Elevation: 2,289.875m
Grade in: 1.88% Grade out: 5.14%
Change: 3.26% K: 6.054m
Curve Length: 19.713m Curve Radius 605.383m
Headlight Distance: 153.631m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station: 1+169.78 Elevation: 2,311.050m
PVI Station: 1+191.10 Elevation: 2,312.146m
PVT Station: 1+212.41 Elevation: 2,314.251m
Low Point: 1+169.78 Elevation: 2,311.050m
Grade in: 5.14% Grade out: 9.88%
Change: 4.74% K: 9.000m
Curve Length: 42.630m Curve Radius 900.000m
Headlight Distance: 100.616m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station: 1+946.72 Elevation: 2,386.781m
PVI Station: 1+971.50 Elevation: 2,389.229m
PVT Station: 1+996.28 Elevation: 2,390.312m
High Point: 1+996.28 Elevation: 2,390.312m
Grade in: 9.88% Grade out: 4.37%
Change: 5.51% K: 9.000m
Curve Length: 49.564m Curve Radius 900.000m
Passing Distance: 305.573m Stopping Distance: 145.457m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station: 2+606.58 Elevation: 2,416.983m
PVI Station: 2+616.81 Elevation: 2,417.430m
PVT Station: 2+627.05 Elevation: 2,418.110m
Low Point: 2+606.58 Elevation: 2,416.983m
Grade in: 4.37% Grade out: 6.64%
Change: 2.27% K: 9.000m
Curve Length: 20.467m Curve Radius 900.000m
Headlight Distance: 422.402m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station: 3+068.05 Elevation: 2,447.411m
PVI Station: 3+077.99 Elevation: 2,448.072m
PVT Station: 3+087.92 Elevation: 2,449.061m
Low Point: 3+068.05 Elevation: 2,447.411m
Grade in: 6.64% Grade out: 9.96%
Change: 3.31% K: 6.000m
Curve Length: 19.874m Curve Radius 600.000m
Headlight Distance: 148.651m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	3+340.54	Elevation:	2,474.213m
PVI Station:	3+350.10	Elevation:	2,475.165m
PVT Station:	3+359.67	Elevation:	2,475.934m
High Point:	3+359.67	Elevation:	2,475.934m
Grade in:	9.96%	Grade out:	8.04%
Change:	1.91%	K:	10.000m
Curve Length:	19.127m	Curve Radius	1,000.000m
Passing Distance:	818.053m	Stopping Distance:	357.025m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	3+587.10	Elevation:	2,494.229m
PVI Station:	3+606.01	Elevation:	2,495.750m
PVT Station:	3+624.91	Elevation:	2,495.841m
High Point:	3+624.91	Elevation:	2,495.841m
Grade in:	8.04%	Grade out:	0.48%
Change:	7.56%	K:	5.000m
Curve Length:	37.806m	Curve Radius	500.000m
Passing Distance:	223.416m	Stopping Distance:	106.796m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	3+650.59	Elevation:	2,495.965m
PVI Station:	3+669.38	Elevation:	2,496.056m
PVT Station:	3+688.16	Elevation:	2,494.735m
High Point:	3+653.01	Elevation:	2,495.971m
Grade in:	0.48%	Grade out:	-7.03%
Change:	7.51%	K:	5.000m
Curve Length:	37.563m	Curve Radius	500.000m
Passing Distance:	224.616m	Stopping Distance:	107.242m

Curvas IDF

Precipitación máxima en 24h - ESTACION METEOROLOGICA M139 (GUALACEO)

Año	Pmax24h
2013	23.2
2012	48.4
2011	61.7
2010	45.5
2009	39.3
2008	38.0
2007	35.9
2006	87.2
2005	32.5
2004	50.1
2003	32.7
2002	36.0
2001	30.0
2000	41.4
1999	34.8
1998	38.1
1997	44.7
1996	39.1
1995	34.8
1994	35.2
1993	38.1
1992	40.0
1991	31.5
1990	38.4
1989	38.9
1988	44.3
1987	42.3
1986	36.8
1985	28.0
1984	31.3
1983	48.4

No	AÑO	xi	(xi - x̄)²
1	1983	48.4	70.84
2	1984	31.3	75.30
3	1985	28.0	143.46
4	1986	36.8	10.10
5	1987	43.3	11.04
6	1988	44.3	18.68
7	1989	36.9	9.47
8	1990	38.4	2.49
9	1991	31.5	71.87
10	1992	40.0	0.00
11	1993	38.1	3.52
12	1994	35.2	22.82
13	1995	34.7	27.85
14	1996	39.1	0.77
15	1997	44.7	22.30
16	1998	38.1	3.52
17	1999	34.8	26.81
18	2000	41.4	2.02
19	2001	30.0	99.55
20	2002	36.0	15.82
21	2003	32.7	52.96
22	2004	50.1	102.47
23	2005	32.5	55.91
24	2006	87.2	2229.97
25	2007	35.9	16.63
26	2008	38.0	3.91
27	2009	39.3	0.46
28	2010	45.5	0.46
29	2011	61.7	471.87
30	2012	48.4	70.84
31	2013	23.2	291.49
SUMA		1229.3	9925.39

Metodo de Gumbel

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 39.98$$

$$S = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = 11.44$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{S}}{\pi} = 8.92$$

$$\mu = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 34.83$$

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip mm	Prob. Ocurrencia	Intervalo tipo
Años	Y1	X1 (mm)	F (1/T)	X2 (mm)
5	1.500	48.207	0.800	54.474
10	2.250	54.900	0.900	62.037
15	2.674	58.676	0.933	66.304
25	3.159	63.857	0.960	71.593
50	3.902	69.630	0.980	78.682
75	4.311	73.277	0.987	82.802
100	4.600	75.857	0.990	85.719
300	5.702	85.686	0.997	96.925

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Factor de reducción	5 años	10 años	15 años	25 años	50 años	75 años	100 años	300 años
24 hr	1	54.474	62.037	66.304	71.593	78.682	82.802	85.719	96.925
12 hr	0.91	49.571	56.544	60.337	65.150	71.601	75.350	78.004	88.110
6 hr	0.88	43.579	49.630	53.043	57.274	62.948	66.242	68.575	77.460
3 hr	0.86	37.042	42.185	45.087	48.983	53.504	56.306	58.289	65.841
1 hr	0.81	33.229	37.843	40.445	43.672	47.996	50.510	52.288	59.063
5 hr	0.87	31.050	35.361	37.793	40.808	44.849	47.197	48.880	55.190
4 hr	0.85	28.327	32.259	34.478	37.228	40.915	43.057	44.574	50.349
3 hr	0.86	25.058	28.537	30.500	32.833	36.194	38.089	39.431	44.539
2 hr	0.89	21.245	24.194	25.859	27.591	30.686	32.253	33.430	37.782
1 hr	0.3	16.342	18.611	19.891	21.478	23.605	24.841	25.716	29.047

Intensidades de lluvia para diferentes tiempos de duración

$$I = \frac{P \left[\frac{mm}{hr} \right]}{t_{duración}}$$

Tiempo de duración	Intensidad de la lluvia (mm/hr) según el Periodo de Retorno									
H	min	5 años	10 años	15 años	25 años	50 años	75 años	100 años	300 años	
24	1440	2.2698	2.5849	2.7627	2.9830	3.2784	3.4501	3.5716	4.0344	
20	1200	2.4786	2.8227	3.0168	3.2575	3.5800	3.7675	3.9002	4.4655	
15	900	2.9053	3.3086	3.5362	3.8183	4.1964	4.4161	4.5717	5.1640	
12	720	3.0689	3.5154	3.7572	4.0569	4.4586	4.6921	4.8574	5.4867	
10	600	3.3229	3.7843	4.0445	4.3672	4.7996	5.0510	5.2288	5.9063	
8	480	3.8813	4.4201	4.7242	5.1010	5.6081	5.8997	6.1075	6.8988	
6	360	4.7211	5.3765	5.7464	6.2047	6.8191	7.1762	7.4200	8.3515	
4	240	6.2645	7.1343	7.6250	8.2332	9.0484	9.5223	9.8577	11.348	
2	120	10.6224	12.0972	12.9293	13.9606	15.3430	16.1465	16.7152	18.808	
1	60	16.3422	18.6111	19.8912	21.4779	23.6046	24.8407	25.7156	29.0474	

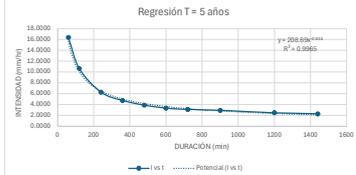
Periodo 5 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)²
1	1440	2.270	7.272	0.820	5.961	52.888
2	1200	2.478	7.090	0.908	6.436	24.760
3	900	2.905	6.802	1.067	7.255	46.273
4	720	3.067	6.579	1.127	7.416	43.287
5	600	3.323	6.397	1.201	7.612	40.921
6	480	3.881	6.174	1.356	8.373	38.116
7	360	4.721	5.886	1.552	9.135	34.646
8	240	6.265	5.481	1.835	10.056	30.037
9	120	10.622	4.787	2.363	11.313	22.920
10	60	16.342	4.094	2.794	11.439	16.764
10	6120	0.000	60.563	15.022	85.965	376.120

Ln(A) = 5.3408 A = 208.69 B = -0.6338

T=5 años

x	y
1440	2.2698
1200	2.4787
900	2.9053
720	3.0689
600	3.3229
480	3.8813
360	4.7211
240	6.2645
120	10.6224
60	16.3422



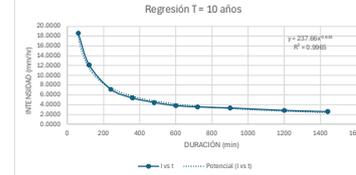
Periodo 10 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)²
1	1440	2.585	7.272	0.950	6.906	52.888
2	1200	2.823	7.090	1.038	7.357	50.269
3	900	3.309	6.802	1.197	8.139	46.273
4	720	3.509	6.579	1.257	8.287	43.287
5	600	3.784	6.397	1.331	8.513	40.921
6	480	4.420	6.174	1.486	9.175	38.116
7	360	5.377	5.886	1.682	9.901	34.646
8	240	6.265	5.481	1.985	10.769	30.037
9	120	10.622	4.787	2.493	11.935	22.920
10	60	16.342	4.094	2.924	11.971	16.764
10	6120	0.000	60.563	16.322	92.939	376.120

Ln(A) = 5.4708 A = 237.619 B = -0.6338

T=10 años

x	y
1440	2.5849
1200	2.8227
900	3.3086
720	3.5154
600	3.7843
480	4.4201
360	5.3765
240	7.1343
120	12.0972
60	18.6111



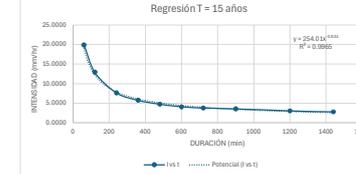
Periodo 15 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)²
1	1440	2.763	7.272	1.016	7.390	52.888
2	1200	3.017	7.090	1.104	7.829	50.269
3	900	3.536	6.802	1.263	8.592	46.273
4	720	3.757	6.579	1.324	8.709	43.287
5	600	4.045	6.397	1.397	8.939	40.921
6	480	4.724	6.174	1.553	9.586	38.116
7	360	5.748	5.886	1.749	10.292	34.646
8	240	7.825	5.481	2.031	11.134	30.037
9	120	12.929	4.787	2.559	12.254	22.920
10	60	19.891	4.094	2.990	12.245	16.764
10	6120	0.000	60.563	16.987	96.967	376.120

Ln(A) = 5.5374 A = 254.006 B = -0.6338

T=15 años

x	y
1440	2.7627
1200	3.0168
900	3.5362
720	3.7572
600	4.0445
480	4.7242
360	5.7464
240	7.6250
120	12.9293
60	19.8912



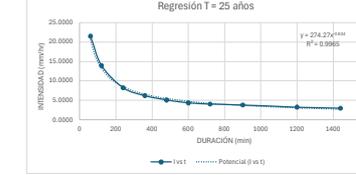
Periodo 25 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)²
1	1440	2.983	7.272	1.093	7.948	52.888
2	1200	3.257	7.090	1.181	8.373	50.269
3	900	3.818	6.802	1.340	9.114	46.273
4	720	4.057	6.579	1.400	9.214	43.287
5	600	4.367	6.397	1.474	9.430	40.921
6	480	5.101	6.174	1.629	10.060	38.116
7	360	6.265	5.886	1.825	10.774	34.646
8	240	8.233	5.481	2.108	11.554	30.037
9	120	13.961	4.787	2.636	12.621	22.920
10	60	21.478	4.094	3.067	12.557	16.764
10	6120	0.000	60.563	17.754	101.615	376.120

Ln(A) = 5.6141 A = 274.270 B = -0.6338

T=25 años

x	y
1440	2.9830
1200	3.2575
900	3.8183
720	4.0569
600	4.3672
480	5.1010
360	6.2047
240	8.2332
120	13.9606
60	21.4779



Periodo 50 años

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)²
1	1440	3.276	7.272	1.187	8.635	52.888
2	1200	3.580	7.090	1.275	9.042	50.269
3	900	4.196	6.802	1.434	9.756	46.273
4	720	4.459	6.579	1.495	9.835	43.287
5	600	4.800	6.397	1.569	10.034	40

7	360	7.429	5.886	2.005	11.804	34.646
8	240	9.858	5.481	2.288	12.541	30.037
9	120	18.715	4.787	2.816	13.483	22.920
10	60	25.716	4.094	3.247	13.295	16.764
10	6120	0.000	60.563	19.555	112.521	378.120

Ln(A) = 5.7942 A = 328.366 B = -0.6338

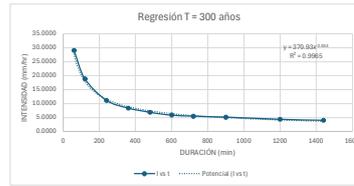
360	7.4290
240	9.8577
120	18.7152
60	25.7156



Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)²
1	1440	4.034	7.272	1.395	10.144	52.888
2	1200	4.408	7.090	1.483	10.514	50.269
3	900	5.184	6.802	1.642	11.168	46.273
4	720	5.487	6.579	1.702	11.200	43.287
5	600	5.806	6.397	1.776	11.361	40.921
6	480	6.899	6.174	1.931	11.924	38.118
7	360	8.391	5.886	2.127	12.521	34.646
8	240	11.135	5.481	2.410	13.209	30.037
9	120	18.881	4.787	2.938	14.056	22.920
10	60	29.047	4.094	3.369	13.794	16.764
10	6120	0.000	60.563	20.773	119.900	378.120

Ln(A) = 5.9160 A = 370.938 B = -0.6338

T=300	
x	y
1440	4.0344
1200	4.4055
900	5.1640
720	5.4867
600	5.9063
480	6.8988
360	8.3915
240	11.1448
120	18.8808
60	29.0474



Periodo de Retorno (años)	Término cte. de regresión (d)	Coef. de regresión (c)
5	208.688	-0.634
10	237.662	-0.634
15	254.008	-0.634
25	274.270	-0.634
50	301.428	-0.634
75	317.213	-0.634
100	328.386	-0.634
300	370.932	-0.634
Promedio =	286.573	-0.634

$d = a * T^b$

Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)²
1	5	208.688	1.609	5.341	8.596	2.590
2	10	237.662	2.303	5.471	12.597	5.302
3	15	254.008	2.708	5.537	14.995	7.334
4	25	274.270	3.219	5.614	18.071	10.361
5	50	301.428	3.912	5.709	22.332	15.304
6	75	317.213	4.317	5.760	24.867	18.641
7	100	328.386	4.605	5.794	26.683	21.208
8	300	370.932	5.704	5.916	33.744	32.533
8	580	228.187	28.377	45.141	161.895	113.272

x	y
5	208.688
10	237.662
15	254.008
25	274.270
50	301.428
75	317.213
100	328.386
300	370.932

Ln(A) = 5.1476 A = 172.0188 B = 0.139671

Término constante de regresión (a) = 172.0188
Coef. de regresión (b) = 0.139671

Finalmente se tiene la ecuación de intensidad válida para la cuenca:

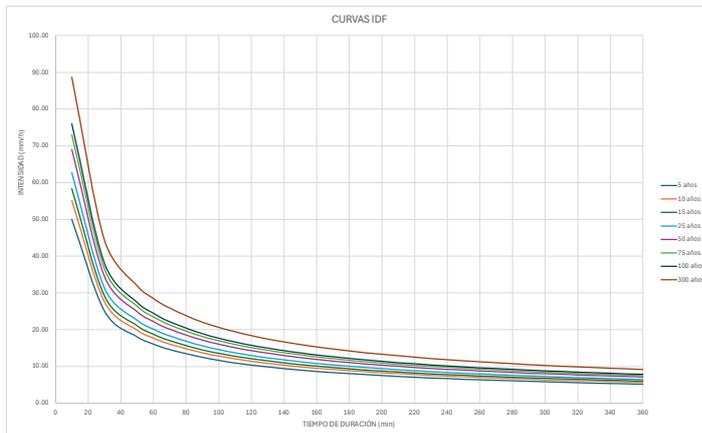
$$I = \frac{172.0188 * T}{0.63383}$$

Donde:

- I = Intensidad de precipitación (mm/hr)
- T = Período de Retorno (años)
- t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Intensidad - Tiempo de duración - Período de retorno

Frecuencia	Duración en minutos																			
	10	30	50	60	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330	350	360
5	50.04	24.94	18.04	16.07	14.58	12.43	10.98	9.89	8.99	8.31	7.74	7.27	6.86	6.51	6.20	5.92	5.68	5.46	5.26	5.16
10	58.12	27.47	19.87	17.71	16.06	13.69	12.06	10.86	9.91	9.16	8.53	8.00	7.58	7.17	6.87	6.52	6.26	6.01	5.79	5.69
15	58.33	29.07	21.03	18.74	16.99	14.49	12.76	11.48	10.48	9.68	9.02	8.47	7.99	7.58	7.22	6.90	6.62	6.36	6.13	6.02
25	62.64	31.22	22.59	20.12	18.25	15.66	13.70	12.33	11.26	10.40	9.69	9.10	8.59	8.14	7.76	7.41	7.11	6.83	6.58	6.46
50	69.00	34.39	24.88	22.16	20.10	17.14	15.09	13.58	12.40	11.45	10.67	10.02	9.46	8.97	8.54	8.17	7.83	7.52	7.25	7.12
75	73.62	36.36	26.33	23.46	21.27	18.14	15.97	14.37	13.12	12.12	11.30	10.60	10.01	9.49	9.04	8.54	8.28	7.96	7.67	7.53
100	76.01	37.89	27.41	24.42	22.14	18.88	16.63	14.96	13.66	12.62	11.76	11.04	10.42	9.88	9.41	8.99	8.62	8.29	7.98	7.84
300	88.61	44.16	31.95	28.46	25.81	22.01	19.38	17.44	15.92	14.71	13.71	12.87	12.14	11.52	10.97	10.49	10.05	9.66	9.31	9.14



Determinación del tiempo de concentración según Kirpich

$$t_c = \frac{0.000325 L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:
L es la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, en m.
S es la pendiente del cauce principal, en m/m.
t_c se expresa en horas.

Desarrollada en siete cuencas rurales en Tennessee con caudales bien definidos y pendientes empinadas (p = 10%).

Cota mas alta 2468.9 mnm
Cota mas baja 2447.52 mnm
Longitud del cauce principal 4054 m

So 0.0052738 m/m
Tc 1.469 horas

Intensidad			
Periodo de retorno	25 años		
Tiempo de concentracion	1.47 horas		
Tiempo de concentracion	88.2 min	i=	15.80 mm/h

Caudal de aporte	
------------------	--

Coeficientes de escorrentia		
Asfalto	0.7	0.95
Suelo pesado (arenoso), 2 a 7 % pendiente	0.18	0.22
Suelo pesado (arenoso), >7 % pendiente	0.25	0.35

Coeficiente de maning para hormigon 0.015

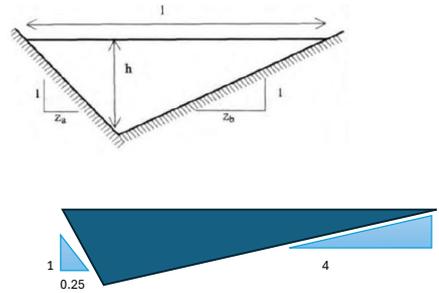
TABLE 5.5: Normal Range of Runoff Coefficients*

Character of Surface (1)	Runoff Coefficients (2)
Pavement	
Asphalt and Concrete	0.70 to 0.95
Brick	0.70 to 0.85
Roofs	0.75 to 0.95
Lawns, Sandy Soil	
Flat (2 percent)	0.05 to 0.10
Average (2 to 7 percent)	0.10 to 0.15
Steep (>7 percent)	0.15 to 0.20
Lawns, Heavy Soil	
Flat (2 percent)	0.13 to 0.17
Average (2 to 7 percent)	0.18 to 0.22
Steep (>7 percent)	0.25 to 0.35

*The range of "C" values presented are typical for return periods of 2-10 years. Higher values are appropriate for larger design storms.

Calculo de Coeficientes de Escorrentia					
Carril Izquierdo			Carril Derecho		
Tramo	Area (carril)	C	Tramo	Area (carril)	C
1	105	0.70	1	105	0.70
2	1344	0.70	2	1344	0.70
3	105	0.70	3	105	0.70
4	1163.4	0.70	4	1163.4	0.70
5	1423.8	0.70	5	1423.8	0.70
6	814.8	0.70	6	814.8	0.70
7	974.4	0.70	7	974.4	0.70

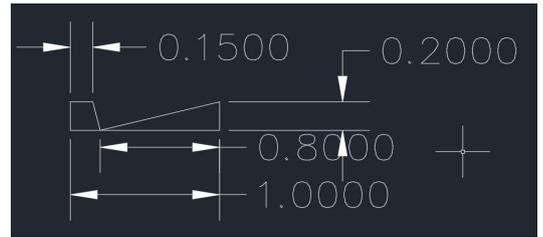
Tramo 1			
Cuneta izquierda		Cuneta derecha	
Abscisa Inicial	0	Abscisa Inicial	0
Abscisa Final	50	Abscisa Final	50
Cota mas alta	2251.00 msnm	Cota mas alta	2251.00 msnm
Cota mas baja	2247.30 msnm	Cota mas baja	2247.30 msnm
s	0.07	s	0.07
Ancho de carril	3.00 m	Ancho de carril	3 m
Longitud	50.00 m	Longitud	50.00 m
Coeficiente de escorrentia	0.70	Coeficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	150 m2	Area de aporte (calzada)	150 m2
Area de aporte total	0.015 Ha	Area de aporte total	0.015 Ha
Q por el metodo racional		Q por el metodo racional	
$Q = \frac{C * I * A}{360}$		$Q = \frac{C * I * A}{360}$	
Q= 0.0005 m3/s		Q= 0.0005 m3/s	
Dimensiones propuestas de la cuneta		Dimensiones propuestas de la cuneta	
Za	0.25	Za	0.25
Zb	4	Zb	4
h	0.2 m	h	0.2 m
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
Area	0.085 m2	Area	0.085 m2
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P mojado	1.030776406	P mojado	1.030776406
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$	
Q maning	0.2920 m3/s	Q maning	0.2920 m3/s
Velocidad	0.0248 m/s	Velocidad	0.0248 m/s
Verificacion	Cumple	Verificacion	Cumple
Utilizacion de la cuneta	0.16 %	Utilizacion de la cuneta	0.16 %
Dimensiones de la cuneta		Dimensiones de la cuneta	
$I = (za + zb) * h$		$I = (za + zb) * h$	
Ancho superficial (l)	0.85 m	Ancho superficial (l)	0.85 m
h	0.2 m	h	0.2 m



Dimensiones de cunetas				
Carril Izquierdo				
Tramo	i	h	Za	Zb
1	0.85	0.2	0.25	4
2	0.85	0.2	0.25	4
3	0.85	0.2	0.25	4
4	0.85	0.2	0.25	4
5	0.85	0.2	0.25	4
6	0.85	0.2	0.25	4
7	0.85	0.2	0.25	4
8	0.85	0.2	0.25	4
9	0.85	0.2	0.25	4
10	0.85	0.2	0.25	4
11	0.85	0.2	0.25	4

Dimensiones de cunetas				
Carril Derecho				
Tramo	i	h	Za	Zb
1	0.85	0.2	0.25	4
2	0.85	0.2	0.25	4
3	0.85	0.2	0.25	4
4	0.85	0.2	0.25	4
5	0.85	0.2	0.25	4
6	0.85	0.2	0.25	4
7	0.85	0.2	0.25	4
8	0.85	0.2	0.25	4
9	0.85	0.2	0.25	4
10	0.85	0.2	0.25	4
11	0.85	0.2	0.25	4

Tramo 2				
Cuneta izquierda		Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	0	50	Abscisa Inicial	0
Abscisa Final	0	690	Abscisa Final	0
Cota mas alta	2289.72 msnm		Cota mas alta	2289.72 msnm
Cota mas baja	2251.00 msnm		Cota mas baja	2251.00 msnm
s	0.06		s	0.06
Ancho de carril	3.00 m		Ancho de carril	3 m
Longitud	640.00 m		Longitud	640.00 m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	1920 m2		Area de aporte (calzada)	1920 m2
Area de aporte total	0.192 Ha		Area de aporte total	0.192 Ha
Q por el metodo racional		Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$		$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.0059 m3/s		Q= 0.0059 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta		Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.25	Za	0.25	
Zb	4	Zb	4	
h	0.2 m	h	0.2 m	
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.085 m2	Area	0.085 m2	
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.0308	P mojado	1.0308	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.2641 m3/s	Q maning	0.2641 m3/s	
Velocidad	0.0224	Velocidad	0.0224 m/s	
Verificacion	Cumple	Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	2.23 %	Utilizacion de la cuneta	2.23 %	
Dimensiones de la cuneta		Dimensiones de la cuneta		
$l = (za + zb) * h$		$l = (za + zb) * h$		
Ancho superficial (l)	0.85 m	Ancho superficial (l)	0.85 m	
h	0.2 m	h	0.2 m	



Tramo 3				
Cuneta izquierda		Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	0	690	Abscisa Inicial	0
Abscisa Final	0	740	Abscisa Final	0
Cota mas alta	2289.72 msnm		Cota mas alta	2289.72 msnm
Cota mas baja	2288.50 msnm		Cota mas baja	2288.50 msnm
s	0.02		s	0.02
Ancho de carril	3.00 m		Ancho de carril	3 m
Longitud	50.00 m		Longitud	50.00 m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	150 m2		Area de aporte (calzada)	150 m2
Area de aporte total	0.015 Ha		Area de aporte total	0.015 Ha
Q por el metodo racional		Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$		$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.0005 m3/s		Q= 0.0005 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta		Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.25	Za	0.25	
Zb	4	Zb	4	
h	0.2 m	h	0.2 m	
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.085 m2	Area	0.085 m2	
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.0308	P mojado	1.0308	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.1677 m3/s	Q maning	0.1677 m3/s	
Velocidad	0.0143 m/s	Velocidad	0.0143 m/s	
Verificacion	Cumple	Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	0.27 %	Utilizacion de la cuneta	0.27 %	
Dimensiones de la cuneta		Dimensiones de la cuneta		
$l = (za + zb) * h$		$l = (za + zb) * h$		
Ancho superficial (l)	0.85 m	Ancho superficial (l)	0.85 m	
h	0.2 m	h	0.2 m	

Tramo 4					
Cuneta izquierda			Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	0	740	Abscisa Inicial	0	740
Abscisa Final	1	294	Abscisa Final	1	294
Cota mas alta	2322.84	msnm	Cota mas alta	2322.84	msnm
Cota mas baja	2288.30	msnm	Cota mas baja	2288.30	msnm
s	0.06		s	0.06	
Ancho de carril	3.00	m	Ancho de carril	3	m
Longitud	554.00	m	Longitud	554.00	m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70	
Area de aporte (calzada)	1662	m2	Area de aporte (calzada)	1662	m2
Area de aporte total	0.1662	Ha	Area de aporte total	0.1662	Ha
Q por el metodo racional			Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$			$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.0051 m3/s			Q= 0.0051 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta			Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.25		Za	0.25	
Zb	4		Zb	4	
h	0.2	m	h	0.2	m
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$			$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.085	m2	Area	0.085	m2
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$			$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.0308		P mojado	1.0308	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.2681	m3/s	Q maning	0.2681	m3/s
Velocidad	0.0228		Velocidad	0.0228	m/s
Verificacion	Cumple		Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	1.91	%	Utilizacion de la cuneta	1.91	%
Dimensiones de la cuneta			Dimensiones de la cuneta		
$I = (za + zb) * h$			$I = (za + zb) * h$		
Ancho superficial (l)	0.85	m	Ancho superficial (l)	0.85	m
h	0.2	m	h	0.2	m

Tramo 5					
Cuneta izquierda			Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	1	294	Abscisa Inicial	1	294
Abscisa Final	1	972	Abscisa Final	1	972
Cota mas alta	2388.71	msnm	Cota mas alta	2388.71	msnm
Cota mas baja	2322.84	msnm	Cota mas baja	2322.84	msnm
s	0.10		s	0.10	
Ancho de carril	3.00	m	Ancho de carril	3	m
Longitud	678.00	m	Longitud	678.00	m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70	
Area de aporte (calzada)	2034	m2	Area de aporte (calzada)	2034	m2
Area de aporte total	0.2034	Ha	Area de aporte total	0.2034	Ha
Q por el metodo racional			Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$			$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.0063 m3/s			Q= 0.0063 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta			Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.25		Za	0.25	
Zb	4		Zb	4	
h	0.2	m	h	0.2	m
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$			$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.085	m2	Area	0.085	m2
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$			$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.0308		P mojado	1.0308	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.3346	m3/s	Q maning	0.3346	m3/s
Velocidad	0.0284		Velocidad	0.0284	m/s
Verificacion	Cumple		Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	1.87	%	Utilizacion de la cuneta	1.87	%
Dimensiones de la cuneta			Dimensiones de la cuneta		
$I = (za + zb) * h$			$I = (za + zb) * h$		
Ancho superficial (l)	0.85	m	Ancho superficial (l)	0.85	m
h	0.2	m	h	0.2	m

Tramo 6				
Cuneta izquierda		Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	1	972	Abscisa Inicial	1
Abscisa Final	2	360	Abscisa Final	2
Cota mas alta	2406.19 msnm		Cota mas alta	2406.19 msnm
Cota mas baja	2388.71 msnm		Cota mas baja	2388.71 msnm
s	0.05		s	0.05
Ancho de carril	3.00 m		Ancho de carril	3 m
Longitud	388.00 m		Longitud	388.00 m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	1164 m2		Area de aporte (calzada)	1164 m2
Area de aporte total	0.1164 Ha		Area de aporte total	0.1164 Ha
Q por el metodo racional		Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$		$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.0036 m3/s		Q= 0.0036 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta		Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.25	Za	0.25	
Zb	4	Zb	4	
h	0.2 m	h	0.2 m	
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.085 m2	Area	0.085 m2	
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.0308	P mojado	1.0308	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.2279 m3/s	Q maning	0.2279 m3/s	
Velocidad	0.0194	Velocidad	0.0194 m/s	
Verificacion	Cumple	Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	1.57 %	Utilizacion de la cuneta	1.57 %	
Dimensiones de la cuneta		Dimensiones de la cuneta		
$I = (Za + Zb) * h$		$I = (Za + Zb) * h$		
Ancho superficial (l)	0.85 m	Ancho superficial (l)	0.85 m	
h	0.2 m	h	0.2 m	

Tramo 7				
Cuneta izquierda		Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	2	360	Abscisa Inicial	2
Abscisa Final	2	824	Abscisa Final	2
Cota mas alta	2431.05 msnm		Cota mas alta	2431.05 msnm
Cota mas baja	2406.19 msnm		Cota mas baja	2406.19 msnm
s	0.05		s	0.05
Ancho de carril	3.00 m		Ancho de carril	3 m
Longitud	464.00 m		Longitud	464.00 m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	1392 m2		Area de aporte (calzada)	1392 m2
Area de aporte total	0.1392 Ha		Area de aporte total	0.1392 Ha
Q por el metodo racional		Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$		$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.00427729 m3/s		Q= 0.00427729 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta		Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.25	Za	0.25	
Zb	4	Zb	4	
h	0.2 m	h	0.2 m	
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.085 m2	Area	0.085 m2	
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.0308	P mojado	1.0308	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.2485 m3/s	Q maning	0.2485 m3/s	
Velocidad	0.0211	Velocidad	0.0211 m/s	
Verificacion	Cumple	Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	1.72 %	Utilizacion de la cuneta	1.72 %	
Dimensiones de la cuneta		Dimensiones de la cuneta		
$I = (Za + Zb) * h$		$I = (Za + Zb) * h$		
Ancho superficial (l)	0.85 m	Ancho superficial (l)	0.85 m	
h	0.2 m	h	0.2 m	

Tramo 8				
Cuneta izquierda		Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	2	824	Abscisa Inicial	2
Abscisa Final	2	995	Abscisa Final	2
Cota mas alta	2442.59 msnm		Cota mas alta	2442.59 msnm
Cota mas baja	2431.05 msnm		Cota mas baja	2431.05 msnm
s	0.07		s	0.07
Ancho de carril	3.00 m		Ancho de carril	3 m
Longitud	171.00 m		Longitud	171.00 m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	513 m2		Area de aporte (calzada)	513 m2
Area de aporte total	0.0513 Ha		Area de aporte total	0.0513 Ha
Q por el metodo racional		Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$		$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.001576329 m3/s		Q= 0.001576329 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta		Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.25	Za	0.25	
Zb	4	Zb	4	
h	0.2 m	h	0.2 m	
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.085 m2	Area	0.085 m2	
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.0308	P mojado	1.0308	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.2789 m3/s	Q maning	0.2789 m3/s	
Velocidad	0.0237	Velocidad	0.0237 m/s	
Verificacion	Cumple	Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	0.57 %	Utilizacion de la cuneta	0.57 %	
Dimensiones de la cuneta		Dimensiones de la cuneta		
$I = (za + zb) * h$		$I = (za + zb) * h$		
Ancho superficial (l)	0.85 m	Ancho superficial (l)	0.85 m	
h	0.2 m	h	0.2 m	

Tramo 9				
Cuneta izquierda		Cuneta derecha		
Abscisa Inicial	2	995	Abscisa Inicial	2
Abscisa Final	3	274	Abscisa Final	3
Cota mas alta	2467.42 msnm		Cota mas alta	2467.42 msnm
Cota mas baja	2442.59 msnm		Cota mas baja	2442.59 msnm
s	0.09		s	0.09
Ancho de carril	3.00 m		Ancho de carril	3 m
Longitud	279.00 m		Longitud	279.00 m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	837 m2		Area de aporte (calzada)	837 m2
Area de aporte total	0.0837 Ha		Area de aporte total	0.0837 Ha
Q por el metodo racional		Q por el metodo racional		
$Q = \frac{C * I * A}{360}$		$Q = \frac{C * I * A}{360}$		
Q= 0.002571905 m3/s		Q= 0.002571905 m3/s		
Dimensiones propuestas de la cuneta		Dimensiones propuestas de la cuneta		
Za	0.25	Za	0.25	
Zb	4	Zb	4	
h	0.2 m	h	0.2 m	
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$		
Area	0.085 m2	Area	0.085 m2	
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$		
P mojado	1.0308	P mojado	1.0308	
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$		
Q maning	0.3203 m3/s	Q maning	0.3203 m3/s	
Velocidad	0.0272	Velocidad	0.0272 m/s	
Verificacion	Cumple	Verificacion	Cumple	
Utilizacion de la cuneta	0.80 %	Utilizacion de la cuneta	0.80 %	
Dimensiones de la cuneta		Dimensiones de la cuneta		
$I = (za + zb) * h$		$I = (za + zb) * h$		
Ancho superficial (l)	0.85 m	Ancho superficial (l)	0.85 m	
h	0.2 m	h	0.2 m	

Tramo 10				
Cuneta izquierda			Cuneta derecha	
Abscisa Inicial	3	274	Abscisa Inicial	3 274
Abscisa Final	3	650	Abscisa Final	3 650
Cota mas alta	2496.08	msnm	Cota mas alta	2496.08
Cota mas baja	2467.42	msnm	Cota mas baja	2467.42
s	0.08		s	0.08
Ancho de carril	3.00	m	Ancho de carril	3 m
Longitud	376.00	m	Longitud	376.00 m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	1128	m2	Area de aporte (calzada)	1128 m2
Area de aporte total	0.1128	Ha	Area de aporte total	0.1128 Ha
Q por el metodo racional			Q por el metodo racional	
$Q = \frac{C * I * A}{360}$			$Q = \frac{C * I * A}{360}$	
Q= 0.003466079 m3/s			Q= 0.003466079 m3/s	
Dimensiones propuestas de la cuneta			Dimensiones propuestas de la cuneta	
Za	0.25		Za	0.25
Zb	4		Zb	4
h	0.2 m		h	0.2 m
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$			$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
Area	0.085	m2	Area	0.085 m2
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$			$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P mojado	1.0308		P mojado	1.0308
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$	
Q maning	0.2964	m3/s	Q maning	0.2964 m3/s
Velocidad	0.0252		Velocidad	0.0252 m/s
Verificacion	Cumple		Verificacion	Cumple
Utilizacion de la cuneta	1.17	%	Utilizacion de la cuneta	1.17 %
Dimensiones de la cuneta			Dimensiones de la cuneta	
$I = (za + zb) * h$			$I = (za + zb) * h$	
Ancho superficial (l)	0.85	m	Ancho superficial (l)	0.85 m
h	0.2	m	h	0.2 m

Tramo 11				
Cuneta izquierda			Cuneta derecha	
Abscisa Inicial	3	3650	Abscisa Inicial	3 3650
Abscisa Final	4	20	Abscisa Final	4 20
Cota mas alta	2496.08	msnm	Cota mas alta	2496.08
Cota mas baja	2470.00	msnm	Cota mas baja	2470.00
s	0.07		s	0.07
Ancho de carril	3.00	m	Ancho de carril	3 m
Longitud	370.00	m	Longitud	370.00 m
Coefficiente de escorrentia	0.70		Coefficiente de escorrentia	0.70
Area de aporte (calzada)	1110	m2	Area de aporte (calzada)	1110 m2
Area de aporte total	0.111	Ha	Area de aporte total	0.111 Ha
Q por el metodo racional			Q por el metodo racional	
$Q = \frac{C * I * A}{360}$			$Q = \frac{C * I * A}{360}$	
Q= 0.00341077 m3/s			Q= 0.00341077 m3/s	
Dimensiones propuestas de la cuneta			Dimensiones propuestas de la cuneta	
Za	0.25		Za	0.25
Zb	4		Zb	4
h	0.2 m		h	0.2 m
$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$			$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2}$	
Area	0.085	m2	Area	0.085 m2
$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$			$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h$	
P mojado	1.0308		P mojado	1.0308
$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$			$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$	
Q maning	0.2850	m3/s	Q maning	0.2850 m3/s
Velocidad	0.0242		Velocidad	0.0242 m/s
Verificacion	Cumple		Verificacion	Cumple
Utilizacion de la cuneta	1.20	%	Utilizacion de la cuneta	1.20 %
Dimensiones de la cuneta			Dimensiones de la cuneta	
$I = (za + zb) * h$			$I = (za + zb) * h$	
Ancho superficial (l)	0.85	m	Ancho superficial (l)	0.85 m
h	0.2	m	h	0.2 m

PRESUPUESTO						
Item	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	P.Total
1		BORDILLOS, CUNETA Y ACCESOS				27866.30
1.1	500259	Excavación para cunetas y encauzamiento a mano	m3	1616.00	16.26	26276.16
1.2	500255	Excavación sin clasificación	m3	646.40	1.69	1092.42
1.3	500148	Transporte de material de excavación (transporte libre 500m)	m3-km	2262.40	0.22	497.73
2		ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				1105089.82
2.1		BASES-SUB BASES- MEJORAMIENTO				1088427.71
2.1.1	503073	Mejoramiento de la subrasante con suelo seleccionado	m3	5817.60	15.07	87671.23
2.1.2	500342	Sub-base Clase 1	m3	3636.00	22.59	82137.24
2.1.3	500430	Base, Clase 1	m3	3636.00	25.69	93408.84
2.1.4	548011	Carpeta asfáltica (e=7") Ho.Asf.mezclado en planta	m2	24240.00	34.04	825210.40
2.2		TRANSPORTE DE MATERIALES SUELTOS				16662.11
2.2.1	515014	Transporte de sub-base	m3-km	3636.00	0.22	799.92
2.2.2	515015	Transporte de base	m3-km	3636.00	0.22	799.92
2.2.3	515016	Transporte de mezcla asfáltica	m3-km	24240.00	0.26	6302.40
2.2.4	500148	Transporte de material de excavación	m3-km	34000.00	0.22	7480.00
2.2.5	503086	Transporte de suelo seleccionado para mejoramiento de la subrasante	m3-km	5817.60	0.22	1279.87
3		DRENAJE				330607.78
3.1		Estructuras de alivio hidráulico				324454.56
3.1.1	500298	Hormigon estructural clase "C" f'c=210 kg/cm2, P/bordillos y cunetas	m3	1737.20	175.87	305521.36
3.1.2	502062	Alcantarillas impermeables Armico D=900mm	m	91.00	152.00	13832.00
3.1.3	500298	Hormigon estructural de cemento portland Clase B (f'c=280 kg/cm2)	m3	19.20	204.13	3919.30
3.1.4	500300	Acero de refuerzo en barras, fy = 4200 Kg/cm2	Kg	530.00	2.23	1181.90
3.2		Subdrenaje				6153.22
3.2.1	500432	Replanteo y nivelación	m	50.00	2.39	119.50
3.2.2	504279	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	86.00	1.99	171.14
3.2.3	502062	Tubería para subdrenes, D=200mm	m	50.00	10.53	526.50
3.2.4	502012	Material filtrante	m3	544.60	8.61	4689.01
3.2.5	515029	Transporte de material filtrante	m3-km	78.50	0.22	17.27
3.2.6	502011	Geotextil para subdren	m2	225.00	1.92	432.00
3.2.7	515020	Cargado de material a máquina	m3	86.00	2.08	178.88
3.2.8	500148	Transporte de material de excavación (transporte libre 500m)	m3-km	86.00	0.22	18.92
4		SEÑALIZACIÓN Y SEGURIDAD VIAL				220165.91
4.1		SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL				22462.40
4.1.1	515038	Marcas de pavimento (Pintura amarilla reflectiva) acrílica a= 10 cm, e=	m	8080.00	1.39	11231.20
4.1.2	515039	Marcas de pavimento (Pintura blanca reflectiva) acrílica a= 10 cm, e=	m	8080.00	1.39	11231.20
4.2		SEÑALIZACIÓN VERTICAL				36828.10
4.2.1	515049	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Límite máximo de	u	28.00	171.90	4813.20
4.2.2	515052	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Curva y contracurva	u	2.00	171.90	343.80
4.2.3	515057	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Peatones en la vía	u	2.00	171.90	343.80
4.2.4	515066	Guardacaminos doble metálico	m	328.00	79.14	25957.92
4.2.5	515067	Señales al lado de la carretera (0.45 x 0.60 m) Parada de Bus	u	1.00	136.54	136.54
4.2.6	515069	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Curva derecha cerrada	u	5.00	171.90	859.50
4.2.7	515070	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Curva izquierda cerrada	u	4.00	171.90	687.60
4.2.8	500298	Hormigon simple para rompevelocidades (f'c=210 kg/cm2)	m3	6.00	175.87	1055.22
4.2.9	515049	Letrero informativo de tool (2.00 x 1.50 m)	u	2.00	336.90	673.80
4.2.10	515052	Señales al lado de la carretera Disco Pare	u	3.00	171.90	515.70
4.2.11	515049	Señales al lado de la carretera Puente Angosto	u	1.00	171.90	171.90
4.2.12	515052	Señales al lado de la carretera Ancho Maximo	u	1.00	171.90	171.90
4.2.13	515057	Señales al lado de la carretera Doble Vía	u	3.00	136.54	409.62
4.2.14	515072	Señales al lado de la carretera (0.75 x 0.75 m) Presencia Resalto	u	4.00	171.90	687.60
4.3		MUROS DE CONTENCIÓN				160875.41
4.3.1	500298	Hormigon estructural de cemento portland Clase B (f'c=280 kg/cm2)	m3	471.12	204.13	96169.73
4.3.2	500300	Acero de refuerzo en barras, fy = 4200 Kg/cm2	kg	29016.00	2.23	64705.68
5		IMPACTO AMBIENTAL				5221.01
5.1	515077	Batería sanitaria móvil	u	2.00	1504.11	3008.22
5.2	515078	Trampa de Grasas y Aceites	u	2.00	326.32	652.64
5.3	515079	Tanque de Almacenamiento de Grasas y Aceite	u	4.00	31.76	127.04
5.4	515081	Agua para control de polvo	miles de litros	10.00	3.85	38.50
5.5	515082	Cobertura de plástico	m2	100.00	1.25	125.00
5.6	515083	Charlas de concientización	u	1.00	250.37	250.37
5.7	515084	Comunicados Radiales	min	100.00	4.17	417.00
5.8	515085	Instructivos o trípticos	u	200.00	0.53	106.00
5.9	515087	Cinta Plástica Reflectiva (a=0.12 m)	m	500.00	0.72	360.00
5.1	515088	Charlas de Adiestramiento	u	1.00	136.24	136.24
			SUBTOTAL			1'688'950.82 \$
			IVA		15%	253'342.62 \$
			TOTAL			1'942'293.44 \$
TOTAL:		"Un Millon Novescientos Cuarenta y Dos Mil Doscientos Noventa y Tres con Cuarenta y Cuatro 1/100"				

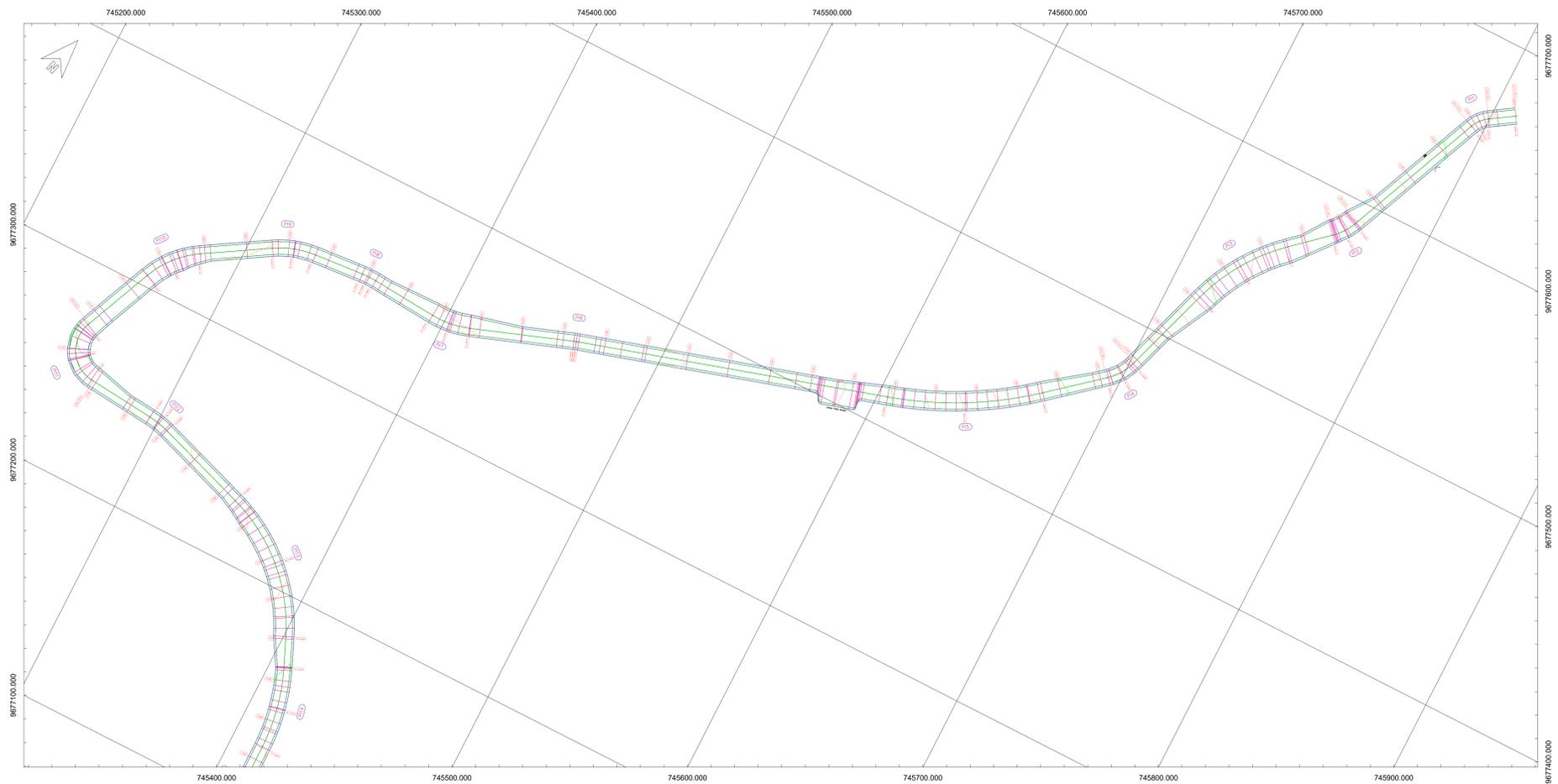


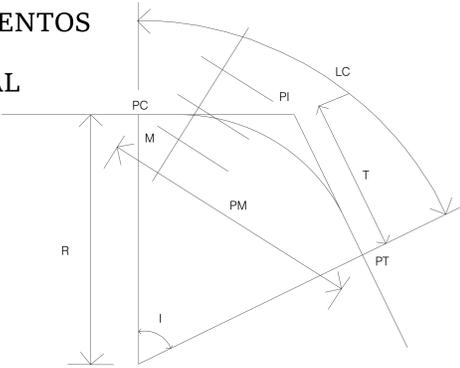
TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
NUMERO DE CURVA	DELTA	RADIO	T	L	CL	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE	DIRECCION
PI1	34.03	15.00	4.59	8.91	8.78	0.69	0.66	0+017.69	0+013.10	0+022.01	9677660.13	745795.66	S39° 55' 17"W
PI2	25.43	27.15	6.12	12.05	11.95	0.68	0.67	0+100.44	0+094.31	0+106.36	9677593.66	745763.34	S33° 37' 19"W
PI3	30.28	92.46	25.02	48.87	48.30	3.33	3.21	0+153.75	0+128.73	0+177.60	9677548.08	745723.36	S33° 11' 38"W
PI4	31.70	24.72	7.02	13.68	13.50	0.98	0.94	0+229.60	0+222.58	0+236.25	9677474.86	745699.50	S33° 54' 09"W
PI6	23.29	183.27	37.77	74.49	73.98	3.85	3.77	0+306.13	0+268.37	0+342.86	9677425.17	745640.80	S61° 23' 48"W
PI6	3.00	45.00	1.18	2.36	2.36	0.02	0.02	0+493.67	0+492.49	0+494.65	9677370.17	745460.43	S71° 32' 19"W
PI7	24.21	45.00	9.65	19.01	18.87	1.02	1.00	0+554.43	0+544.78	0+565.79	9677349.42	745403.32	S82° 08' 21"W
PI8	9.11	45.00	3.59	7.16	7.15	0.14	0.14	0+599.10	0+595.51	0+602.67	9677352.75	745358.48	S89° 41' 08"W
PI9	26.65	45.00	10.66	20.93	20.74	1.24	1.21	0+637.49	0+626.83	0+647.76	9677349.49	745320.22	S71° 48' 21"W
PI10	35.28	45.00	14.31	27.71	27.27	2.22	2.12	0+696.68	0+682.37	0+710.08	9677318.34	745269.42	S40° 50' 31"W
PI11	107.83	16.29	22.35	30.66	26.33	11.37	6.70	0+769.22	0+746.87	0+777.53	9677250.83	745240.49	S30° 42' 48"E
PI12	13.23	45.00	5.22	10.39	10.37	0.30	0.30	0+815.81	0+810.59	0+820.99	9677245.16	745300.86	S78° 00' 40"E
PI13	47.90	85.27	37.87	71.28	69.23	8.03	7.34	0+905.52	0+867.64	0+938.93	9677216.52	745385.92	S47° 26' 43"E
PI14	23.12	98.64	20.18	39.80	39.53	2.04	2.00	0+973.60	0+953.42	0+993.23	9677149.99	745414.84	S11° 56' 12"E

DATOS DE DISEÑO

TPDA	: 986 VEHICULOS
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 40 Km/h
PENDIENTE MINIMA	: 0.48 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.03 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 47.54 mts
RADIO MINIMO EXCEPCIONAL	: 9.88 mts
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts
BOMBEO %	: 2.00 %
PERALTE MINIMO	: 2.00 %
PERALTE MAXIMO	: 10.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 6.00 %
TALUD EN CORTE Y RELLENO	: 0 : 1 (DEBIDO A ESTRUCTURAS EXISTENTES)
CUNETAS	: 0.80 x 0.20 mts

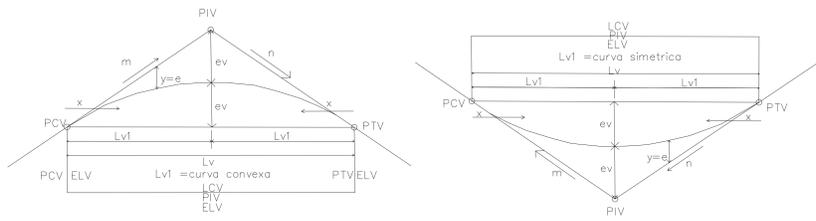
ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES

- PI INTERSECCION DE ALINEAMIENTOS
- Δ ANGULO DE DEFLEXION
- R RADIO DE CURVA HORIZONTAL
- T LONGITUD DE TANGENTE
- EXT EXTERNA
- M MEDIANA
- L LONGITUD DE CURVA
- CL LONGITUD CUERDA LARGA
- PM PUNTO MEDIO DE CURVA
- PC PRINCIPIO DE CURVA
- PT PRINCIPIO DE TANGENTE

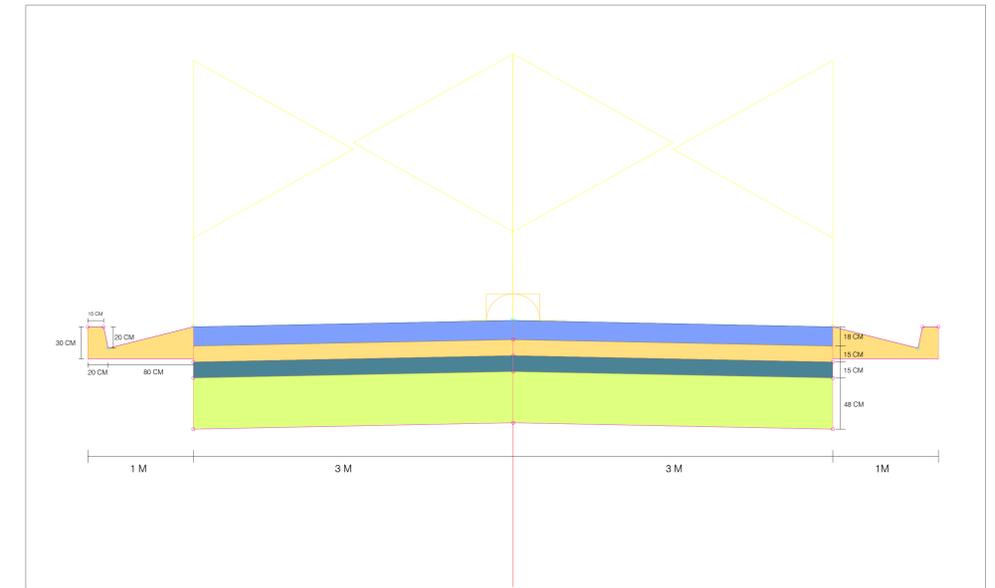


ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES

- LCV LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PIV PROGRESIVA DE INTERSECCION VERTICAL
- PCV PROGRESIVA DE PRINCIPIO DE LA CURVA VERTICAL
- PTV PROGRESIVA DE PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
- ELV COTA DE ELEVACION
- L1 (m) LONGITUD DEL PRIMER TRAMO
- g1 (%) PENDIENTE LONGITUDINAL DEL TRAMO 1
- g2 (%) PENDIENTE LONGITUDINAL DEL TRAMO 2
- A (m/m) DIFERENCIA ALGEBRAICA ENTRE LAS PENDIENTES



ESTRUCTURA DE VIA TRAMO 1 Y 2



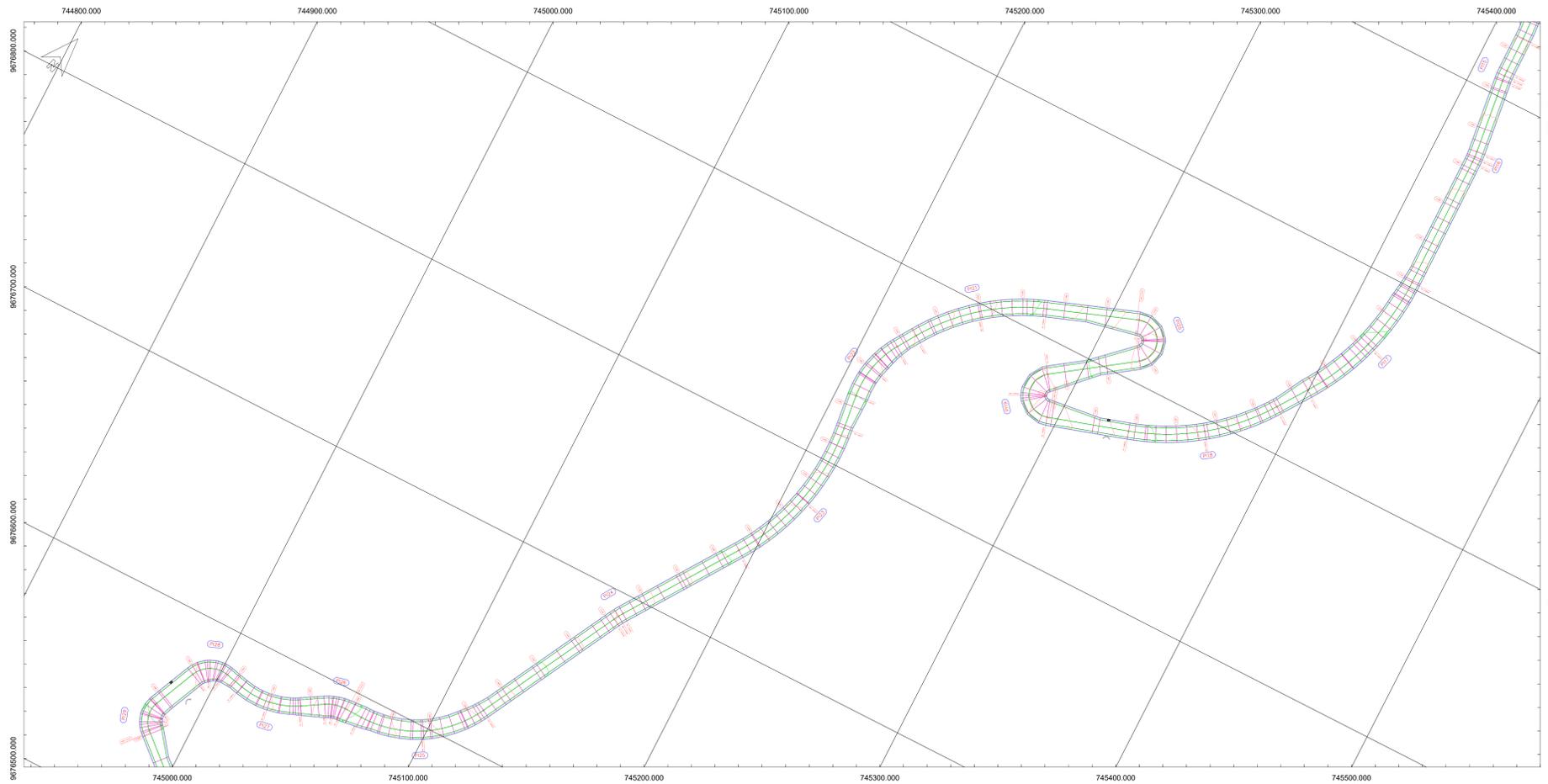


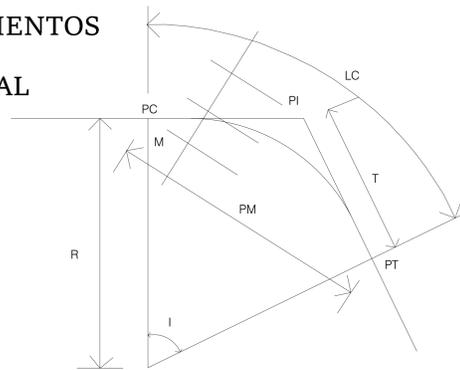
TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
NUMERO DE CURVA	DELTA	RADIO	T	L	CL	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE	DIRECCION
PI5	6.71	45.00	2.64	5.27	5.27	0.08	0.08	1+013.02	1+010.38	1+015.65	9677110.02	745415.11	S3° 44' 00"E
PI6	6.66	45.00	2.62	5.23	5.23	0.08	0.08	1+054.09	1+051.47	1+056.70	9677069.26	745420.18	S3° 45' 29"E
PI7	34.96	118.79	37.42	72.49	71.37	5.75	5.49	1+158.29	1+120.87	1+193.37	9676965.06	745420.95	S17° 03' 20"W
PI8	38.10	109.67	37.87	72.93	71.59	6.35	6.01	1+247.94	1+210.08	1+283.00	9676889.28	745368.80	S53° 35' 12"W
PI9	162.21	10.37	66.24	29.35	20.48	56.68	8.76	1+388.57	1+322.33	1+351.67	9676846.47	745231.90	N26° 15' 30"W
PI20	164.96	9.88	74.87	28.45	19.59	65.64	8.59	1+470.68	1+395.81	1+424.26	9676953.12	745383.36	N27° 38' 03"W
PI21	37.09	99.85	33.50	64.65	63.52	5.47	5.19	1+502.02	1+468.52	1+533.17	9676900.63	745240.04	S51° 20' 11"W
PI22	39.72	45.00	16.25	31.19	30.57	2.84	2.68	1+559.78	1+543.53	1+574.72	9676850.09	745207.48	S12° 55' 53"W
PI23	41.20	109.04	40.99	78.42	76.74	7.45	6.97	1+632.10	1+591.11	1+669.53	9676777.00	745216.36	S13° 40' 34"W
PI24	6.22	45.00	2.45	4.89	4.89	0.07	0.07	1+734.96	1+732.51	1+737.40	9676689.06	745156.42	S31° 10' 00"W
PI25	63.17	55.56	34.16	61.25	58.19	9.66	8.23	1+847.49	1+813.33	1+874.58	9676589.75	745103.50	S59° 38' 20"W
PI26	32.35	18.07	5.24	10.20	10.07	0.74	0.72	1+888.53	1+883.29	1+893.49	9676590.78	745055.40	S75° 02' 55"W
PI27	44.15	39.23	15.91	30.23	29.49	3.10	2.88	1+920.81	1+904.90	1+935.13	9676573.95	745027.53	S80° 57' 02"W
PI28	78.84	12.97	10.66	17.85	16.47	3.82	2.95	1+954.76	1+944.10	1+961.95	9676581.96	744992.90	S63° 36' 18"W
PI29	72.84	11.28	8.32	14.34	13.40	2.74	2.20	1+992.42	1+984.10	1+998.44	9676544.44	744976.05	S12° 14' 06"E

DATOS DE DISEÑO

TPDA	: 986 VEHICULOS
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 40 Km/h
PENDIENTE MINIMA	: 0.48 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.03 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 47.54 mts
RADIO MINIMO EXCEPCIONAL	: 9.88 mts
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts
BOMBEO %	: 2.00 %
PERALTE MINIMO	: 2.00 %
PERALTE MAXIMO	: 10.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 6.00 %
TALUD EN CORTE Y RELLENO	: 0 : 1 (DEBIDO A ESTRUCTURAS EXISTENTES)
CUNETAS	: 0.80 x 0.20 mts

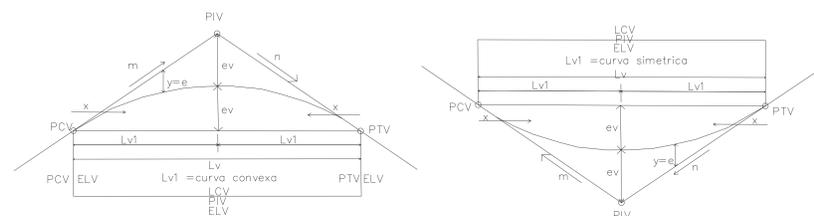
ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES

- PI INTERSECCION DE ALINEAMIENTOS
- Δ ANGULO DE DEFLEXION
- R RADIO DE CURVA HORIZONTAL
- T LONGITUD DE TANGENTE
- EXT EXTERNA
- M MEDIANA
- L LONGITUD DE CURVA
- CL LONGITUD CUERDA LARGA
- PM PUNTO MEDIO DE CURVA
- PC PRINCIPIO DE CURVA
- PT PRINCIPIO DE TANGENTE

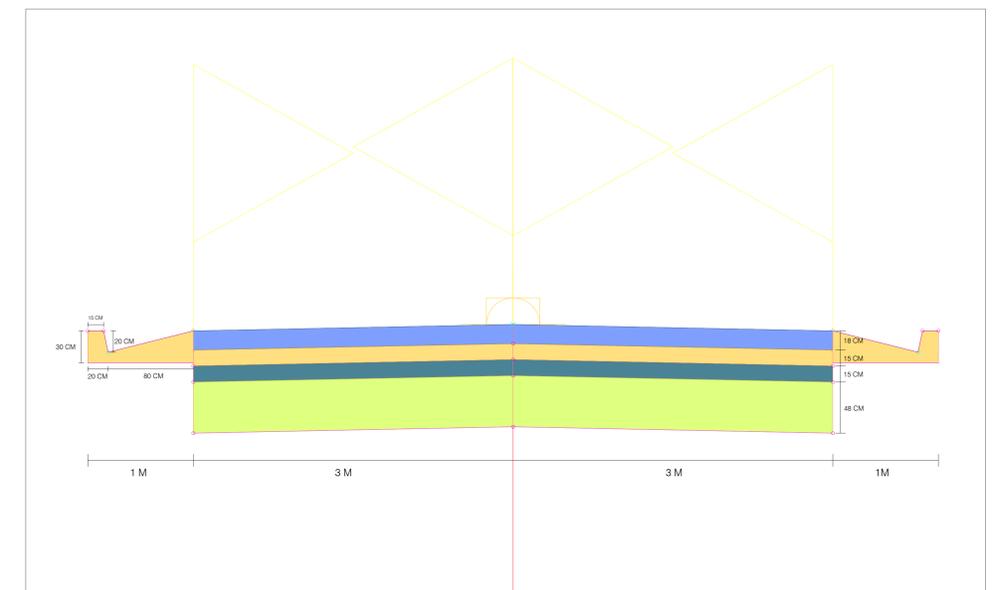


ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES

- LCV LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PIV PROGRESIVA DE INTERSECCION VERTICAL
- PCV PROGRESIVA DE PRINCIPIO DE LA CURVA VERTICAL
- PTV PROGRESIVA DE PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
- ELV COTA DE ELEVACION
- L1 (m) LONGITUD DEL PRIMER TRAMO
- g1 (%) PENDIENTE LONGITUDINAL DEL TRAMO 1
- g2 (%) PENDIENTE LONGITUDINAL DEL TRAMO 2
- A (m/m) DIFERENCIA ALGEBRAICA ENTRE LAS PENDIENTES



ESTRUCTURA DE VIA TRAMO 1 Y 2



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG

PLANO:
VISTA EN PLANTA DE 1+000 A 2+000

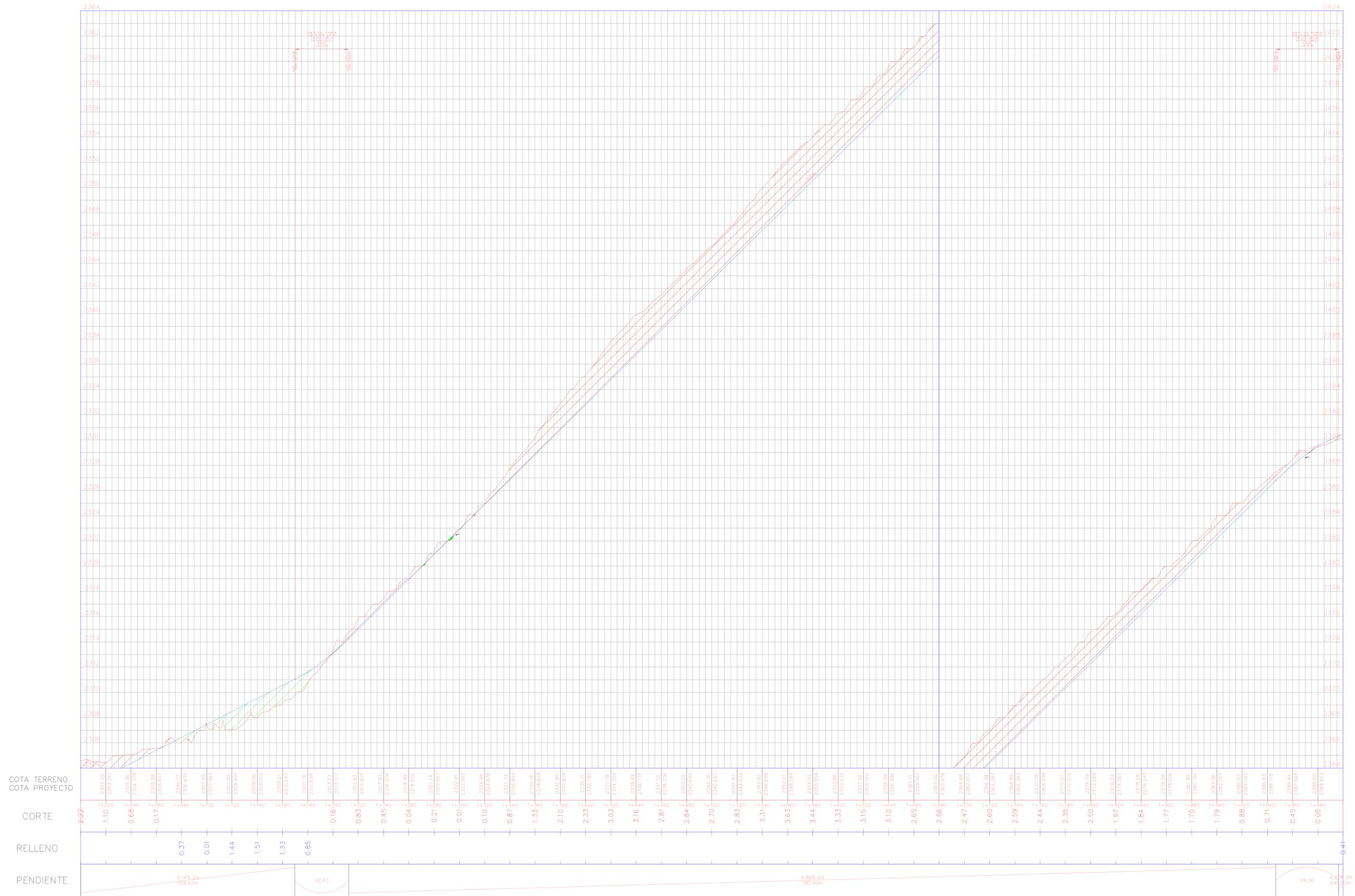


AUTOR:
MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ
RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA: AZUAY
CANTON: GUALACEO
PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG
FECHA: 08-JUNIO-2024
ESCALA: 1:1000

LAMINA NUMERO:

3/16



ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES

No CURVA	ELEVACION	PENDIENTE n	PENDIENTE m	A	TIPO DE CURVA	K	L.CURVA	R.CURVA	PCV	PIV	PTV
4	2312.146 m	5.14 %	9.88 %	4.74 %	CONCAVA	9.000 m	42.630 m	900.000 m	1+169.78	1+191.10	1+212.41
5	2389.229 m	9.88 %	4.37 %	5.51 %	CONVEXA	9.000 m	49.564 m	900.000 m	1+946.72	1+971.50	1+996.28

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG

PLANO:
VISTA EN PERFIL DE 1+000 A 2+000



AUTOR:
MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ

RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS

ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA: AZUAY
CANTON: GUALACEO
PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG

FECHA: 08-JUNO-2024

ESCALA: 1:1000

LAMINA NUMERO:

4/16

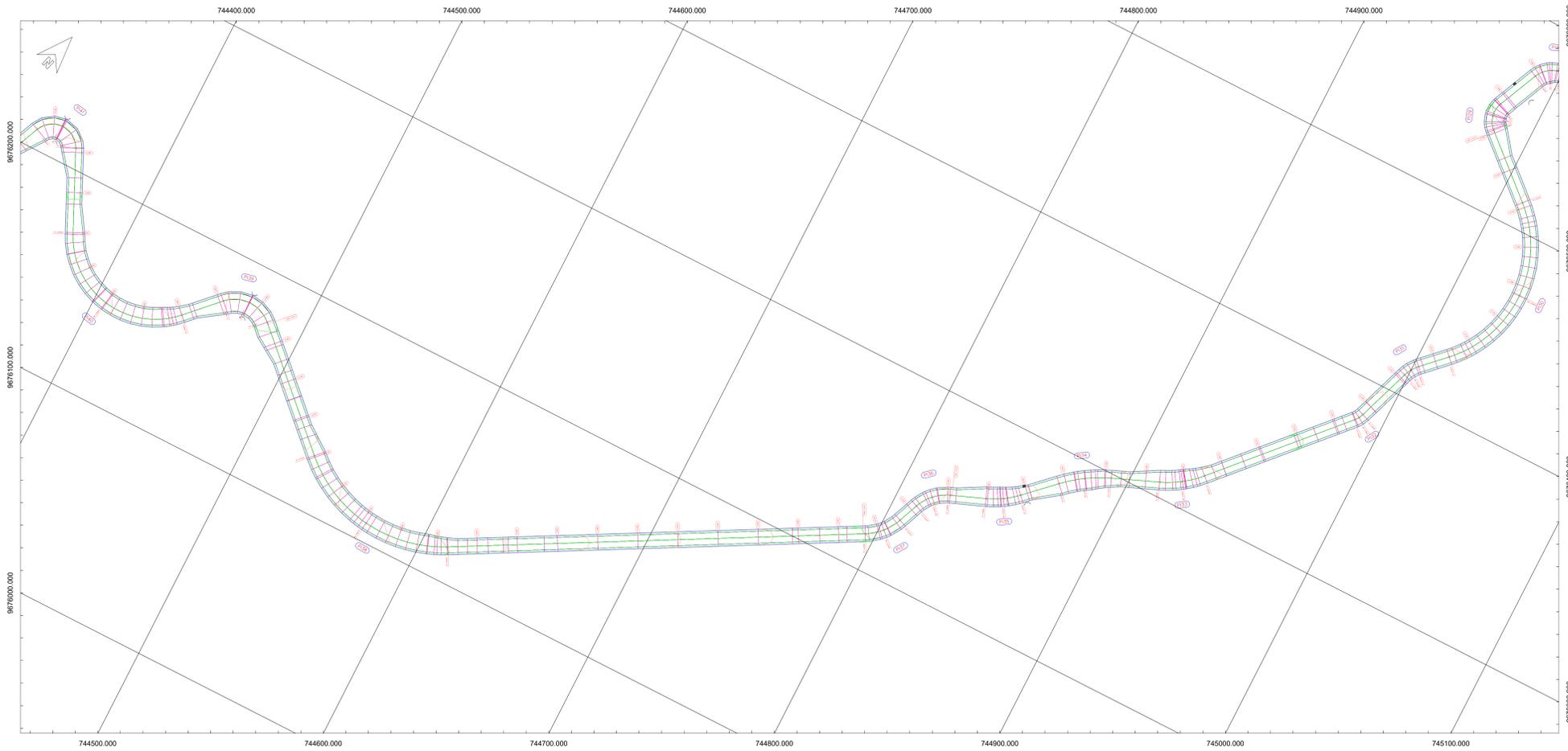


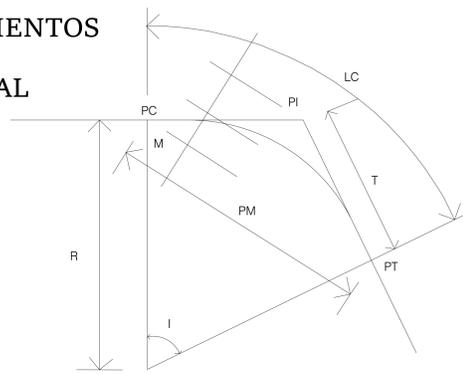
TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
NUMERO DE CURVA	DELTA	RADIO	T	L	CL	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE	DIRECCION
PI30	94.01	58.13	62.35	95.38	85.04	27.11	18.49	2+099.74	2+037.39	2+132.77	9676472.02	7445058.35	S1° 38' 49"E
PI31	26.02	17.90	4.14	6.15	8.66	0.47	0.46	2+152.95	2+148.82	2+156.94	9676414.03	7449999.63	S32° 20' 57"W
PI32	23.11	11.97	2.45	4.83	4.80	0.25	0.24	2+188.05	2+185.60	2+190.43	9676380.77	7449879.96	S30° 53' 45"W
PI33	25.16	51.80	11.96	22.76	22.67	1.27	1.24	2+281.82	2+270.25	2+293.01	9676311.54	7449246.62	S58° 02' 04"W
PI34	21.42	70.39	13.31	26.31	26.16	1.25	1.23	2+330.49	2+317.18	2+343.49	9676292.86	7448799.27	S58° 54' 27"W
PI35	22.20	45.00	8.83	17.43	17.32	0.86	0.84	2+372.23	2+363.40	2+380.84	9676263.76	7448488.92	S57° 17' 50"W
PI36	46.51	22.31	9.59	18.11	17.62	1.97	1.81	2+408.44	2+398.86	2+416.97	9676250.34	7448151.04	S45° 08' 31"W
PI37	39.26	27.58	9.83	18.89	18.53	1.70	1.60	2+437.60	2+427.76	2+446.66	9676222.30	7448033.78	S41° 30' 58"W
PI38	72.34	69.20	49.87	66.12	80.51	16.29	13.15	2+704.54	2+654.67	2+740.79	9676093.10	7445699.30	N82° 41' 03"W
PI39	89.27	17.25	17.03	26.67	24.24	6.99	4.97	2+828.35	2+811.32	2+838.19	9676187.67	7444699.60	S88° 51' 06"W
PI40	110.57	41.02	59.20	79.15	67.43	31.00	17.66	2+919.22	2+860.02	2+939.18	9676117.39	7444401.22	N80° 30' 07"W
PI41	131.66	11.72	26.12	26.94	21.39	16.91	6.92	3+008.28	2+982.16	3+009.10	9676233.47	7443466.55	S88° 47' 06"W

DATOS DE DISEÑO

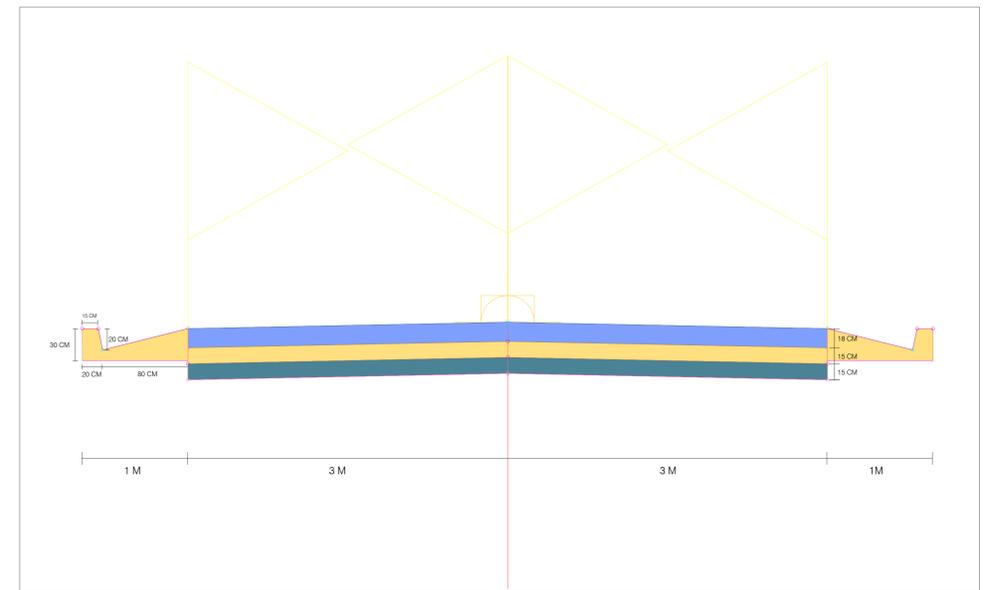
TPDA	: 986 VEHICULOS
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 40 Km/h
PENDIENTE MINIMA	: 0.48 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.03 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 47.54 mts
RADIO MINIMO EXCEPCIONAL	: 9.88 mts
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts
BOMBEO %	: 2.00 %
PERALTE MINIMO	: 2.00 %
PERALTE MAXIMO	: 10.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 6.00 %
TALUD EN CORTE Y RELLENO	: 0 : 1 (DEBIDO A ESTRUCTURAS EXISTENTES)
CUNETAS	: 0.80 x 0.20 mts

ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES

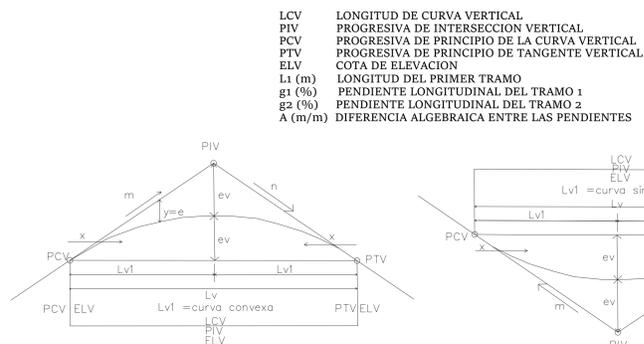
- PI INTERSECCION DE ALINEAMIENTOS
- Δ ANGULO DE DEFLEXION
- R RADIO DE CURVA HORIZONTAL
- T LONGITUD DE TANGENTE
- EXT EXTERNA
- M MEDIANA
- L LONGITUD DE CURVA
- CL LONGITUD CUERDA LARGA
- PM PUNTO MEDIO DE CURVA
- PC PRINCIPIO DE CURVA
- PT PRINCIPIO DE TANGENTE



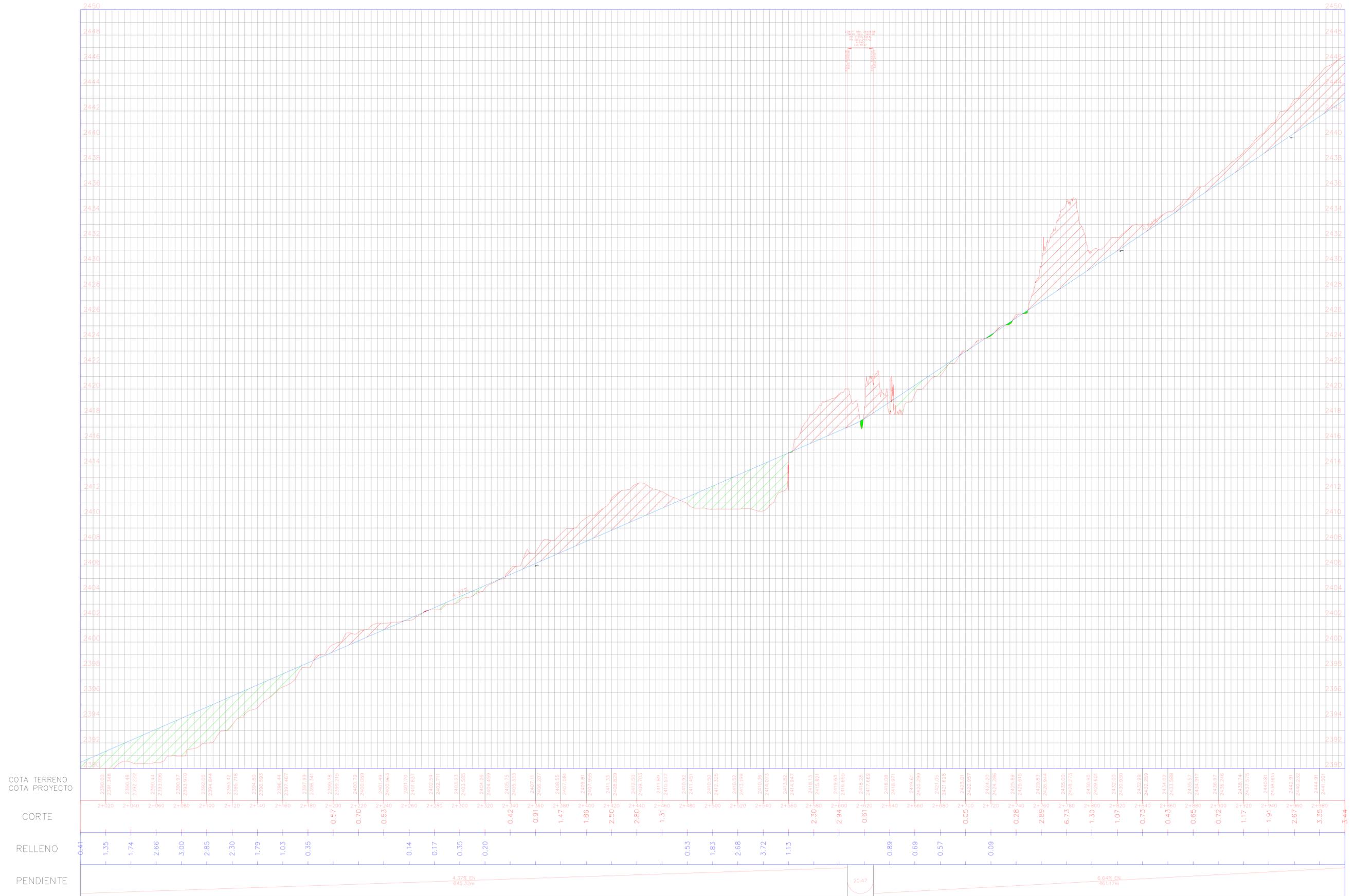
ESTRUCTURA DE VIA TRAMO 3 Y 4



ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES



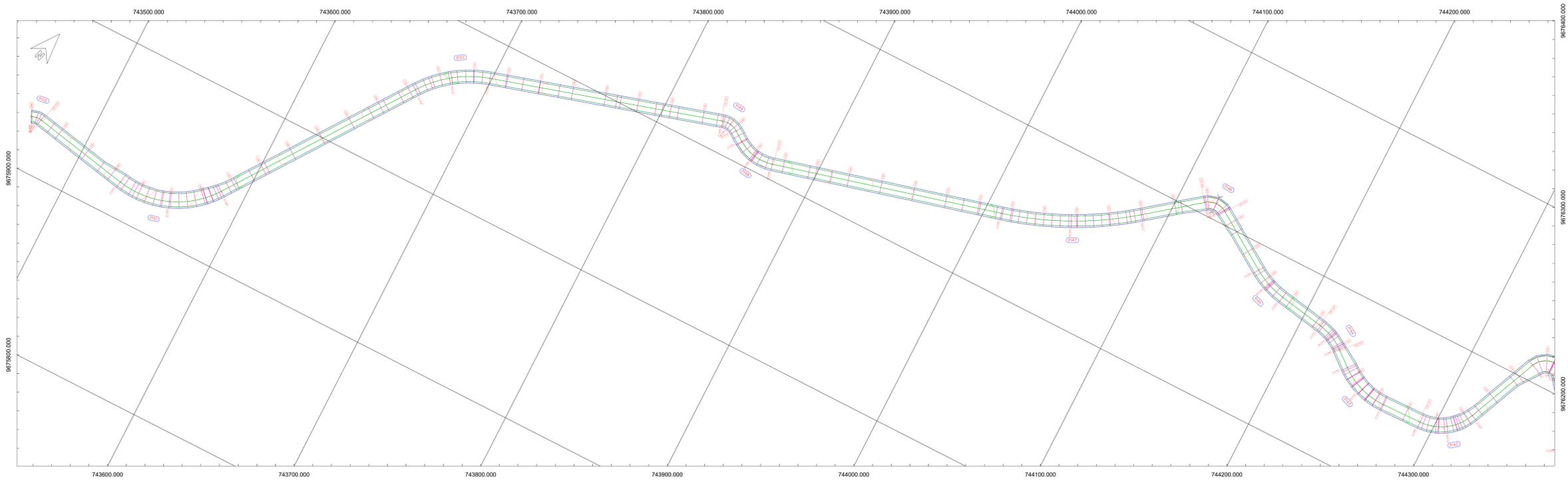
VIA NALLIG - LLINTIG PROFILE



COTA TERRENO
COTA PROYECTO
CORTE
RELLENO
PENDIENTE

ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES											
No CURVA	ELEVACION	PENDIENTE n	PENDIENTE m	A	TIPO DE CURVA	K	L.CURVA	R.CURVA	PCV	PIV	PTV
6	2417.430 m	4.37 %	6.64 %	2.27 %	CONCAVA	9.000 m	20.467 m	900.000 m	2+606.58	2+616.81	2+627.05

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG PLANO: VISTA EN PERFIL DE 2+000 A 3+000			AUTOR: MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ RESPONSABLE: ING. DANIEL CARDENAS ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACION	PROVINCIA: AZUAY CANTON: GUALACEO PARRROQUIA: NALLIG Y LLINTIG FECHA: 08-JUNIO-2024 ESCALA: 1:1000	LAMINA NUMERO: 6/16
---	--	---	--	--	-------------------------------



ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES

- PI INTERSECCION DE ALINEAMIENTOS
- Δ ANGULO DE DEFLEXION
- R RADIO DE CURVA HORIZONTAL
- T LONGITUD DE TANGENTE
- EXT EXTERNA
- M MEDIANA
- L LONGITUD DE CURVA
- CL LONGITUD CUERDA LARGA
- PM PUNTO MEDIO DE CURVA
- PC PRINCIPIO DE CURVA
- PT PRINCIPIO DE TANGENTE

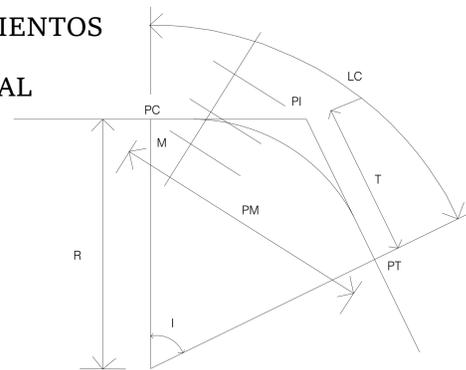
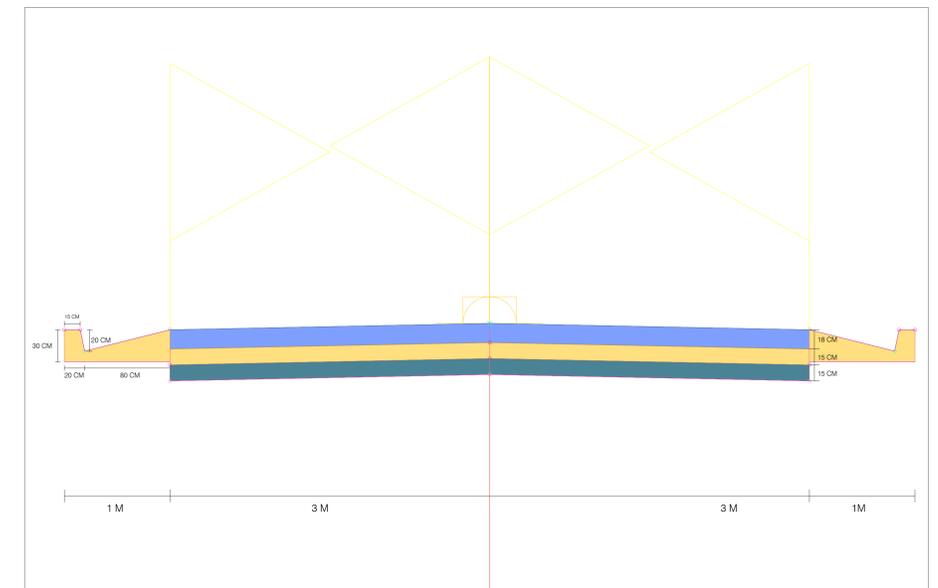


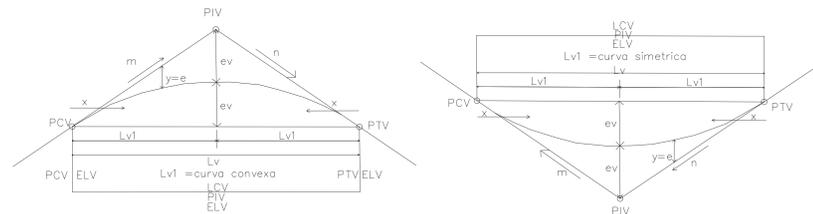
TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA													
NUMERO DE CURVA	DELTA	RADIO	T	L	CL	E	M	PI	PC	PT	PI NORTE	PI ESTE	DIRECCION
PI42	65.38	29.28	18.79	33.41	31.63	5.51	4.64	3+075.36	3+056.57	3+089.98	9676148.51	744310.27	S55° 48' 36" W
PI43	40.50	45.00	16.60	31.81	31.15	2.96	2.78	3+130.96	3+114.36	3+146.17	9676146.94	744250.53	N71° 15' 05" W
PI44	29.03	36.05	9.33	18.27	18.07	1.19	1.15	3+167.43	3+158.10	3+176.37	9676170.77	744221.09	N65° 31' 02" W
PI45	23.01	54.63	11.12	21.94	21.79	1.12	1.10	3+216.20	3+205.08	3+227.02	9676179.28	744172.66	N68° 31' 44" W
PI46	70.96	10.41	7.42	12.89	12.08	2.37	1.93	3+275.61	3+266.39	3+281.28	9676211.89	744122.41	S87° 29' 53" W
PI47	23.03	210.98	42.97	84.79	84.22	4.33	4.24	3+363.99	3+321.02	3+405.80	9676156.42	744051.37	S63° 31' 57" W
PI48	49.67	27.16	12.57	23.55	22.82	2.77	2.51	3+559.45	3+546.88	3+570.43	9676105.68	743861.41	N80° 07' 02" W
PI49	51.38	11.56	5.56	10.37	10.02	1.27	1.14	3+583.19	3+577.62	3+587.99	9676120.11	743840.59	N80° 58' 03" W
PI50	38.03	69.71	24.02	46.27	45.43	4.02	3.80	3+754.40	3+730.38	3+776.65	9676070.82	743675.83	S54° 19' 43" W
PI51	65.74	56.17	36.30	64.45	60.97	10.71	8.99	3+944.87	3+908.57	3+973.02	9675913.95	743564.71	S68° 11' 01" W
PI52	35.89	9.72	3.15	6.09	5.99	0.50	0.47	4+036.77	4+033.62	4+039.71	9675933.13	743466.52	S83° 06' 27" W

ESTRUC TURA DE VIA TRAMO 3 Y 4



ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES

- LCV LONGITUD DE CURVA VERTICAL
- PIV PROGRESIVA DE INTERSECCION VERTICAL
- PCV PROGRESIVA DE PRINCIPIO DE LA CURVA VERTICAL
- PTV PROGRESIVA DE PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
- ELV COTA DE ELEVACION
- L1 (m) LONGITUD DEL PRIMER TRAMO
- g1 (%) PENDIENTE LONGITUDINAL DEL TRAMO 1
- g2 (%) PENDIENTE LONGITUDINAL DEL TRAMO 2
- A (m/m) DIFERENCIA ALGEBRAICA ENTRE LAS PENDIENTES



DATOS DE DISEÑO

TPDA	: 986 VEHICULOS
VELOCIDAD DIRECTRIZ	: 40 Km/h
PENDIENTE MINIMA	: 0.48 %
PENDIENTE MAXIMA	: 12.03 %
RADIO MINIMO CURVATURA	: 47.54 mts
RADIO MINIMO EXCEPCIONAL	: 9.88 mts
SUPERFICIE DE RODADURA	: 6.00 mts
BOMBEO %	: 2.00 %
PERALTE MINIMO	: 2.00 %
PERALTE MAXIMO	: 10.00 %
PERALTE MAXIMO EXCEPCIONAL	: 6.00 %
TALUD EN CORTE Y RELLENO	: 0 : 1 (DEBIDO A ESTRUCTURAS EXISTENTES)
CUNETAS	: 0.80 x 0.20 mts

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG

PLANO:
VISTA EN PLANTA DE 3+000 A 4+040



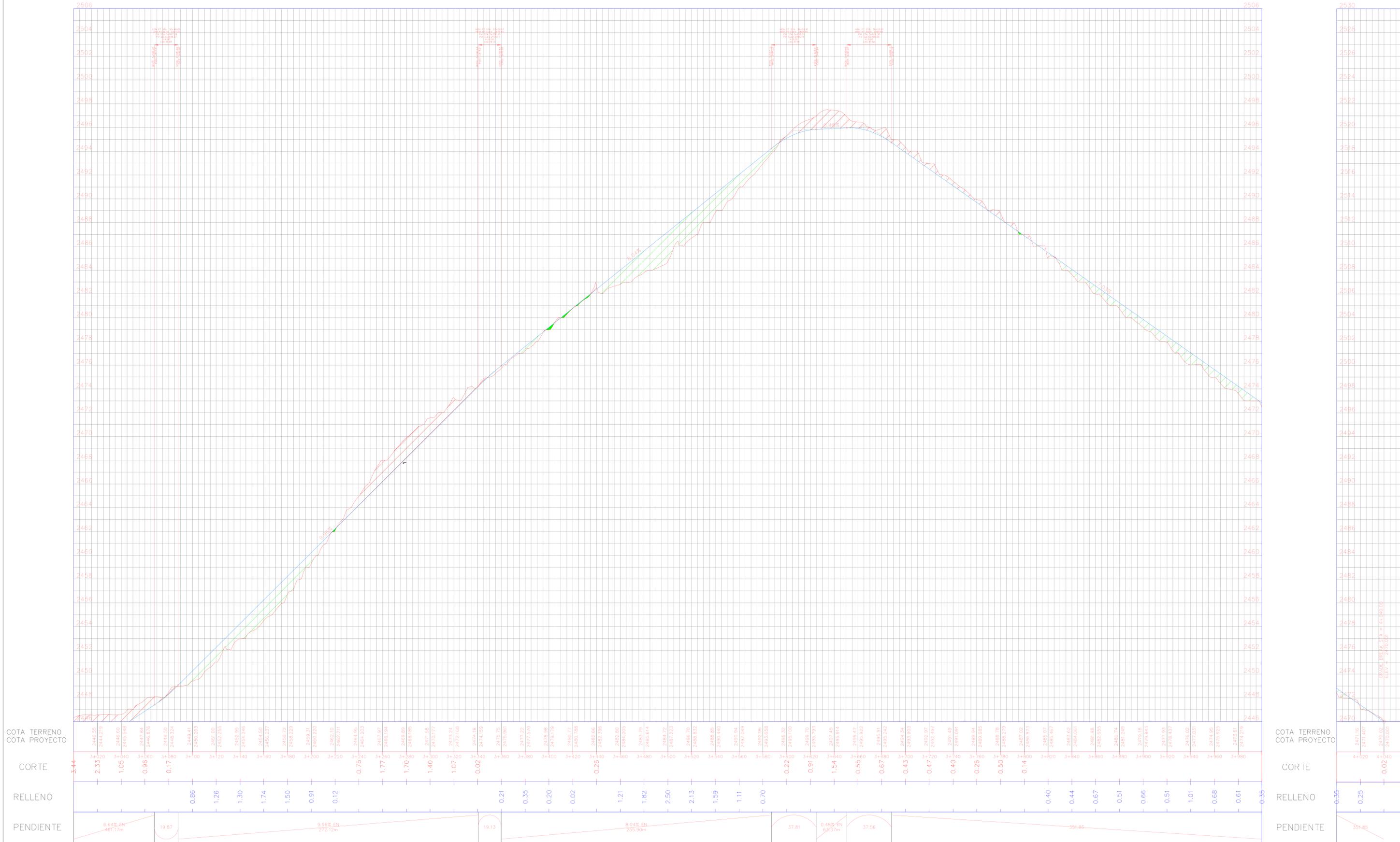
AUTOR:
MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ
RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA: AZUAY
CANTON: GUALACEO
PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG
FECHA: 08-JUNIO-2024
ESCALA: 1:1000

LAMINA NUMERO:

7/16

VIA NALLIG - LLINTIG PROFILE



COTA TERRENO
COTA PROYECTO
CORTE
RELLENO
PENDIENTE

COTA TERRENO
COTA PROYECTO
CORTE
RELLENO
PENDIENTE

ELEMENTOS DE CURVAS VERTICALES

No CURVA	ELEVACION	PENDIENTE n	PENDIENTE m	A	TIPO DE CURVA	K	L.CURVA	R.CURVA	PCV	PIV	PTV
7	2448.072 m	6.64 %	9.96 %	3.31 %	CONCAVA	6.000 m	19.874 m	600.000 m	3+068.05	3+077.99	3+087.92
8	2475.165 m	9.96 %	8.04 %	1.91 %	CONVEXA	10.00 m	19.127 m	1000.00 m	3+340.54	3+350.10	3+359.67
9	2495.750 m	8.04 %	0.48 %	7.56 %	CONVEXA	5.000 m	37.806 m	500.000 m	3+587.10	3+606.01	3+624.91
10	2496.056 m	0.48 %	-7.03 %	7.51 %	CONVEXA	5.000 m	37.563 m	500.000 m	3+650.59	3+669.38	3+688.16

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

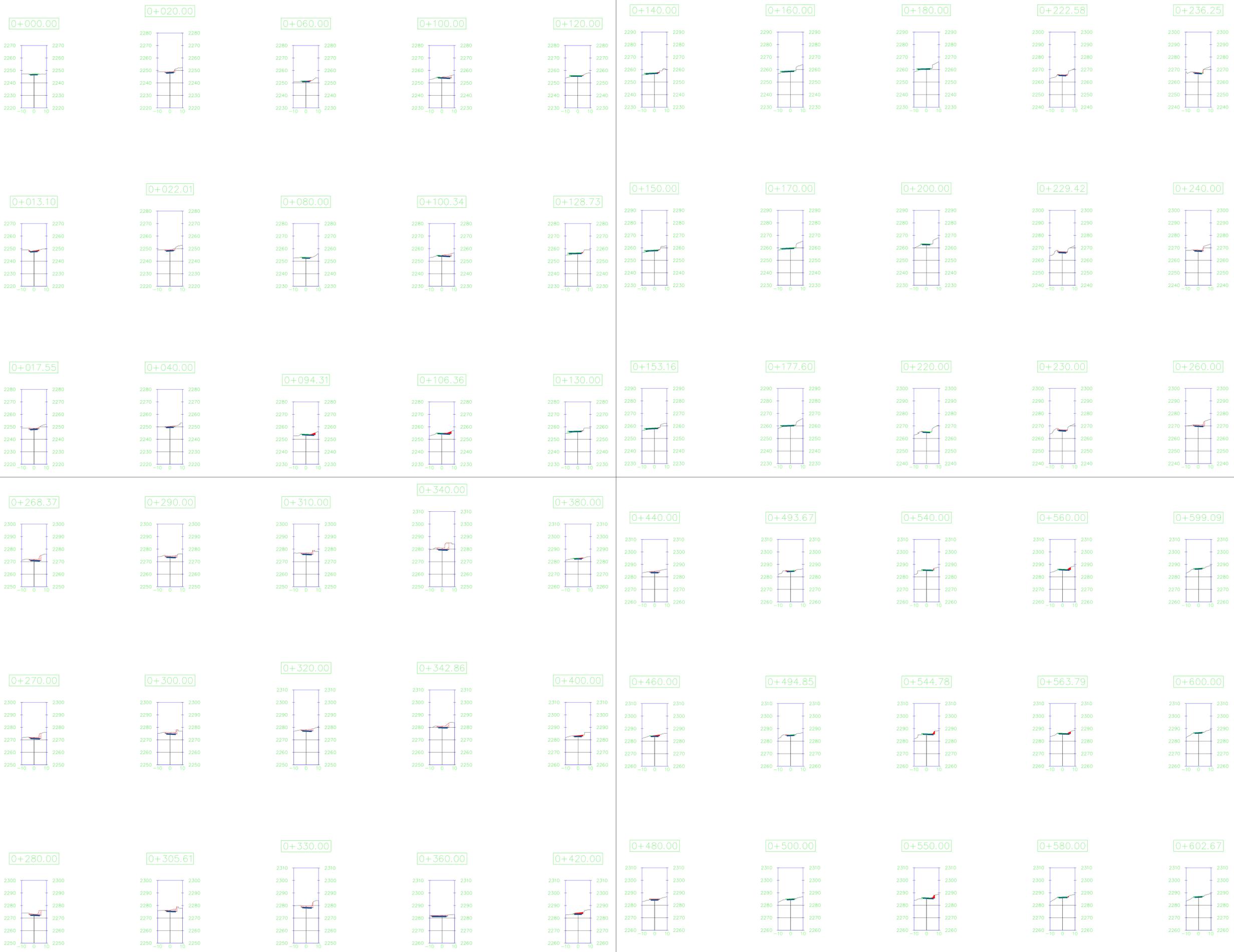
PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG
PLANO:
VISTA EN PERFIL DE 3+000 A 4+040



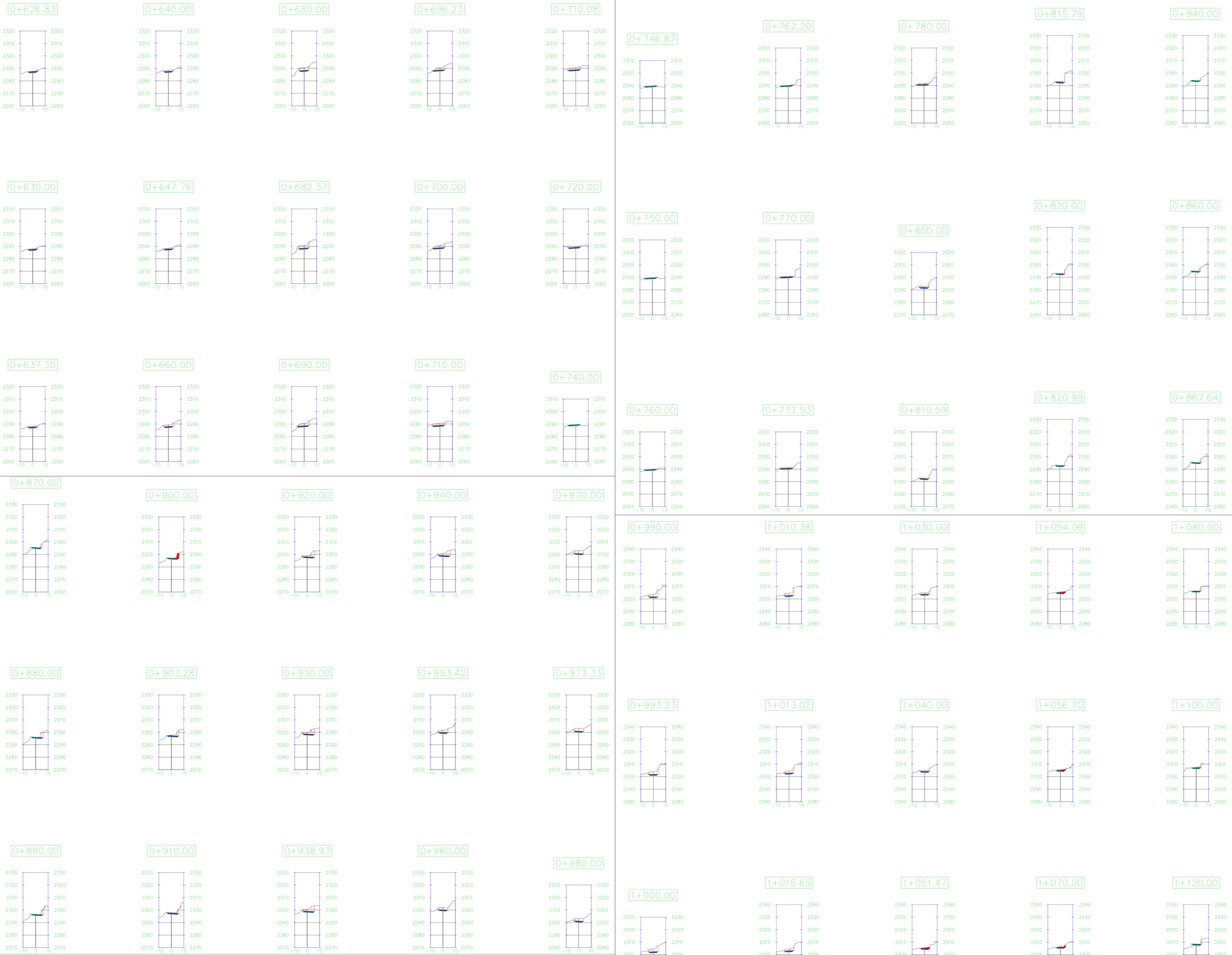
AUTOR:
MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ
RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA: AZUAY
CANTON: GUALACEO
PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG
FECHA: 08-JUNIO-2024
ESCALA: 1:1000

LAMINA NUMERO:
8/16

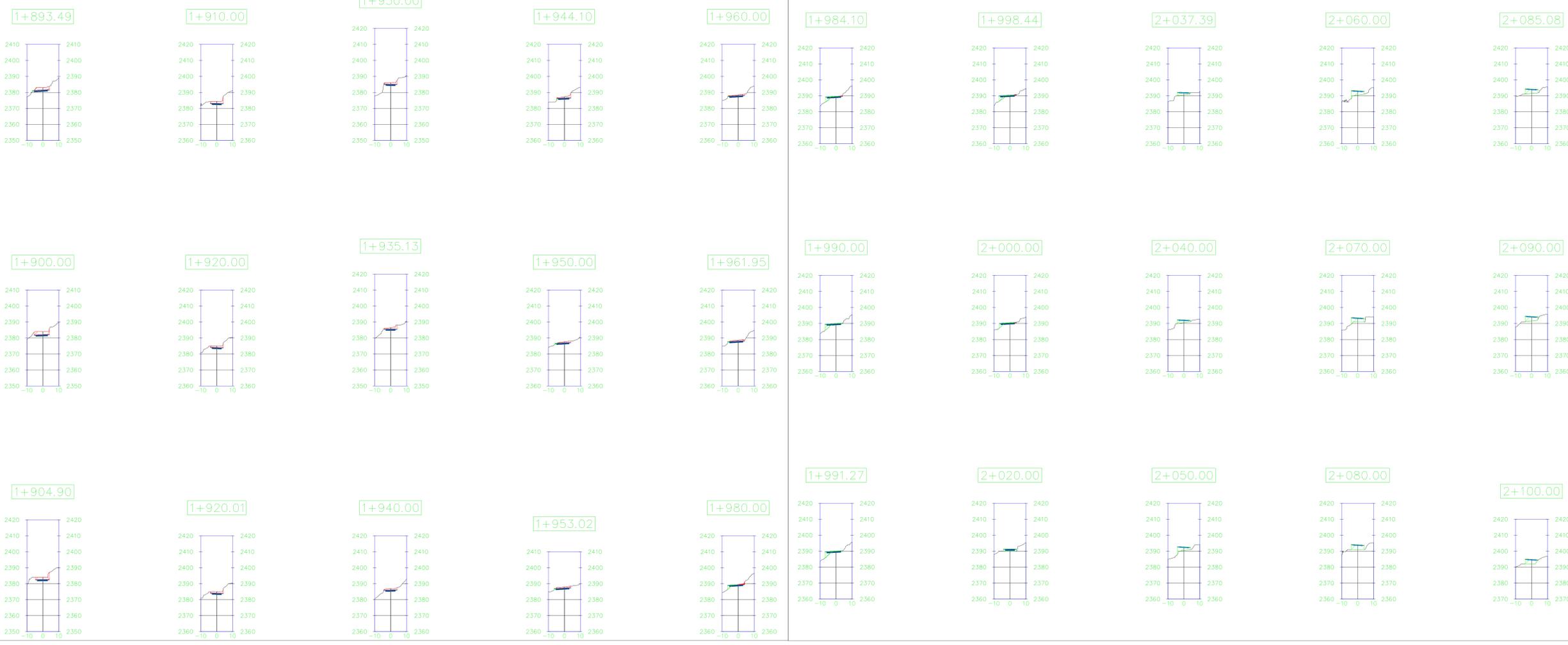
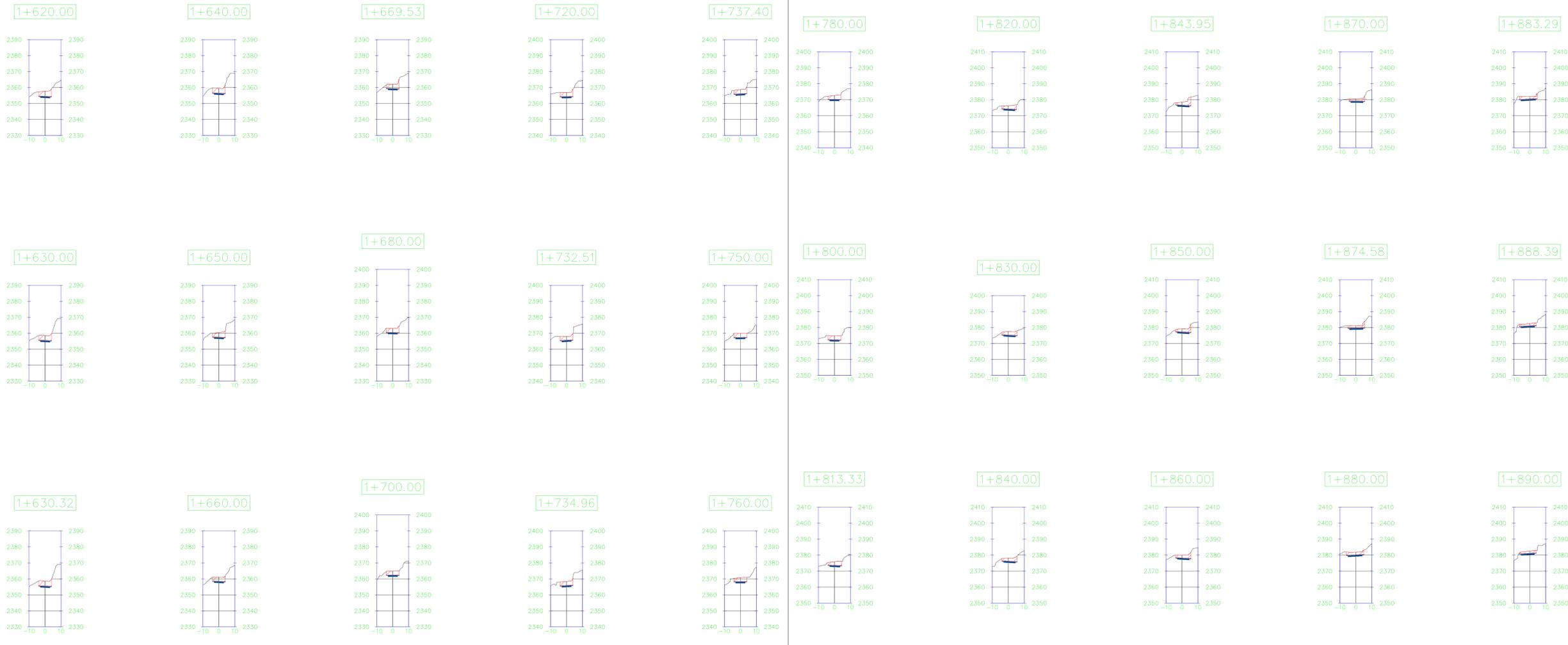


UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			LAMINA NUMERO: 9/16
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG PLANO: PERFILES DE CARRETERA DE 0+000 A 0+602.57			
AUTOR: MATEO GÓRDILLO - CARLOS GÓMEZ	PROVINCIAL: AZUAY		
RESPONSABLE: ING. DANIEL CARDENAS	CANTON: GUALACIE	PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG	
ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACION	FECHA: 08-JUNIO-2024	ESCALA: 1:1000	

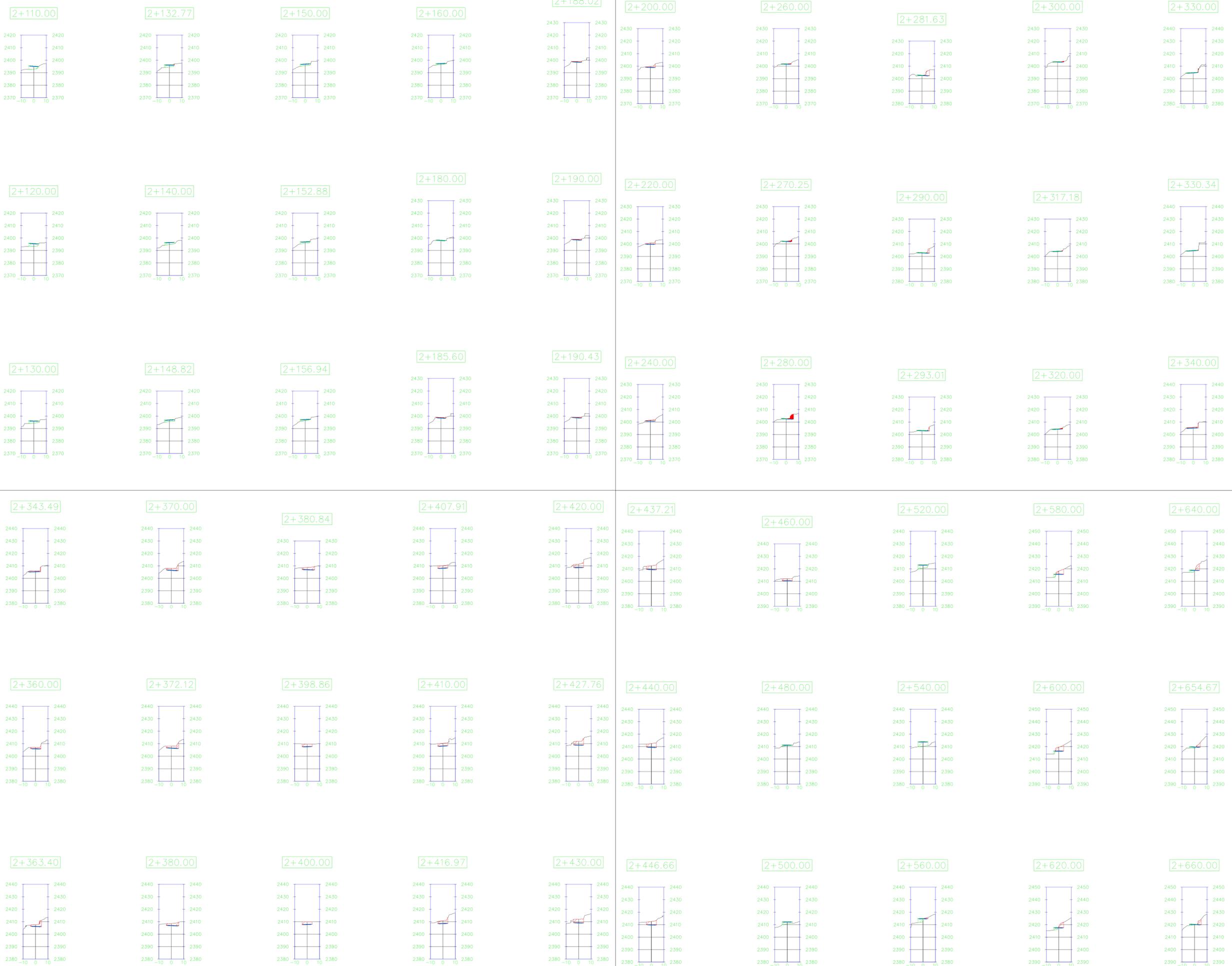




UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG			
PLANO: PERFILES DE CARRETERA DE 1+120.87 A 1+610			
AUTOR: MATEO GÓRDILLO - CARLOS GÓMEZ	PROVINCIAL: AZUAY	11/16	
RESPONSABLE: ING. DANIEL CARDENAS	CANTON: GUALACIO		
ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACION	PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG	FECHA: 08-JUNIO-2024	ESCALA: 1:1000



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG			
PLANO: PERFILES DE CARRETERA DE 1+620 A 2+100			
AUTOR: MATEO GÓRDILLO - CARLOS GÓMEZ	PROVINCIAL: AZUAY		
RESPONSABLE: ING. DANIEL CARDENAS	CANTON: GUALACIO		
ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACION	PARROQUIAL: NALLIG Y LLINTIG	FECHA: 08-JUNIO-2024	ESCALA: 1:1000
			LAMINA NUMERO: 12/16



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG
PLANO:
PERFILES DE CARRETERA DE 2+110 A 2+660



AUTOR:
MATEO GÓRDILLO - CARLOS GÓMEZ
RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIAL: AZUAY
CANTON: GUALACIO
PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG

FECHA:
08-JUNIO-2024
ESCALA:
1:1000

LAMINA NUMERO:

13/16



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG

PLANO:
PERFILES DE CARRETERA DE 2+670 A 3+200

AUTOR:
MATEO GÓRDILLO - CARLOS GOMEZ

RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS

ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

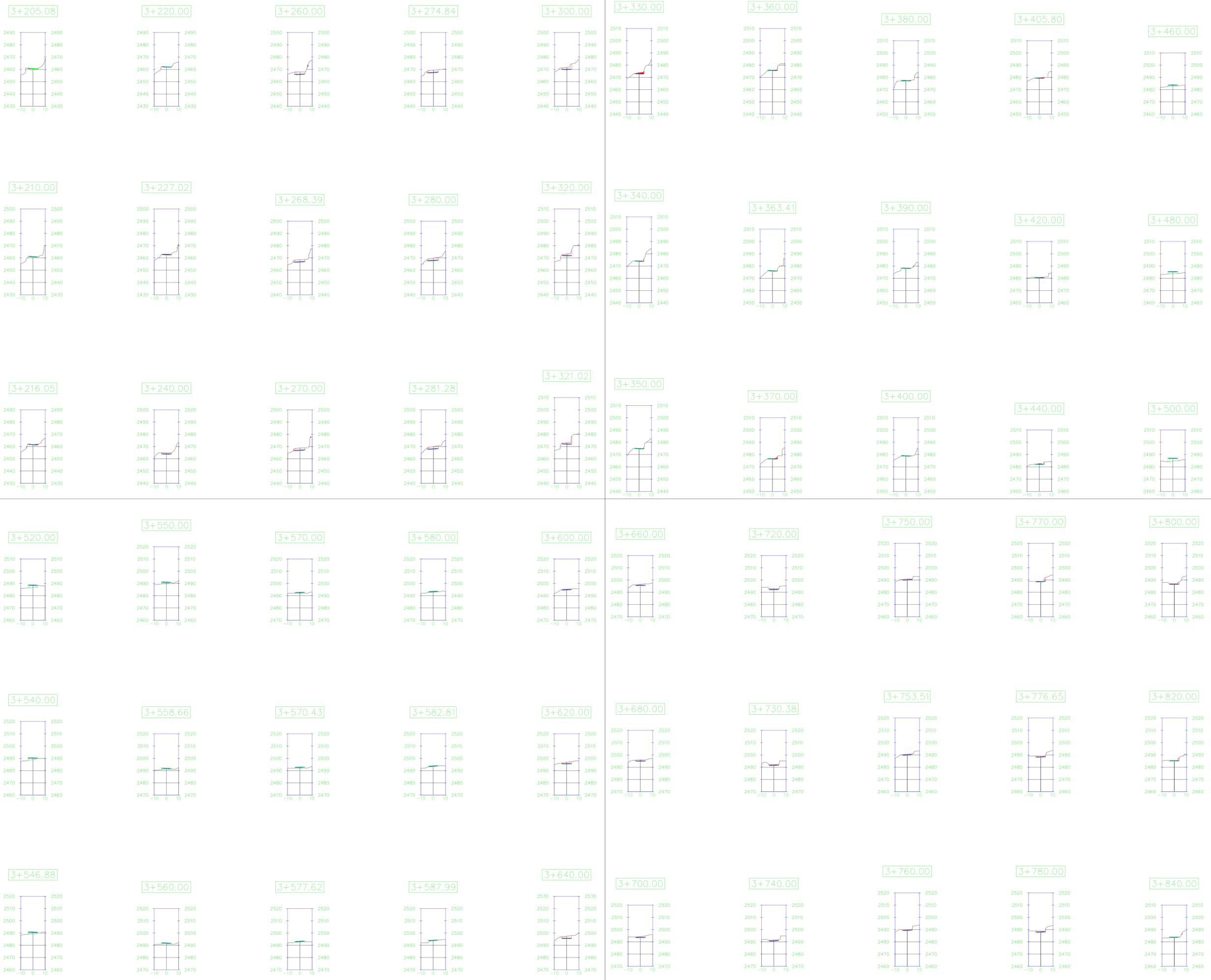


LAMINA NUMERO:

14/16

PROVINCIAL: AZUAY
CANTON: GUALACIO
PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG

FECHA: 08-JUNIO-2024
ESCALA: 1:1000



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA			
PROYECTO: DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG			
PLANO: PERFILES DE CARRETERA DE 3+205.08 A 3+840			
AUTOR: MATEO GÓRDILLO - CARLOS GÓMEZ	PROVINCIA: AZUAY	LÁMINA NÚMERO: 15/16	
RESPONSABLE: ING. DANIEL CÁRDENAS	CANTÓN: GUALACIO		
ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACION	PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG	FECHA: 08-JUNIO-2024	ESCALA: 1:1000



Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
4+020.00	1.66	0.14	43.47	1.91	11546.24	33988.88
4+033.62	0.01	1.01	11.33	7.81	11557.58	33996.69
4+036.66	0.00	1.62	0.01	4.64	11557.59	34001.33
4+039.71	0.01	0.51	0.02	3.59	11557.61	34004.92
4+040.00	0.10	0.67	0.02	0.18	11557.62	34005.09

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO GEOMETRICO VIA NALLIG - LLINTIG
PLANO:
PERFILES DE CARRETERA DE 3+860 A 4+040



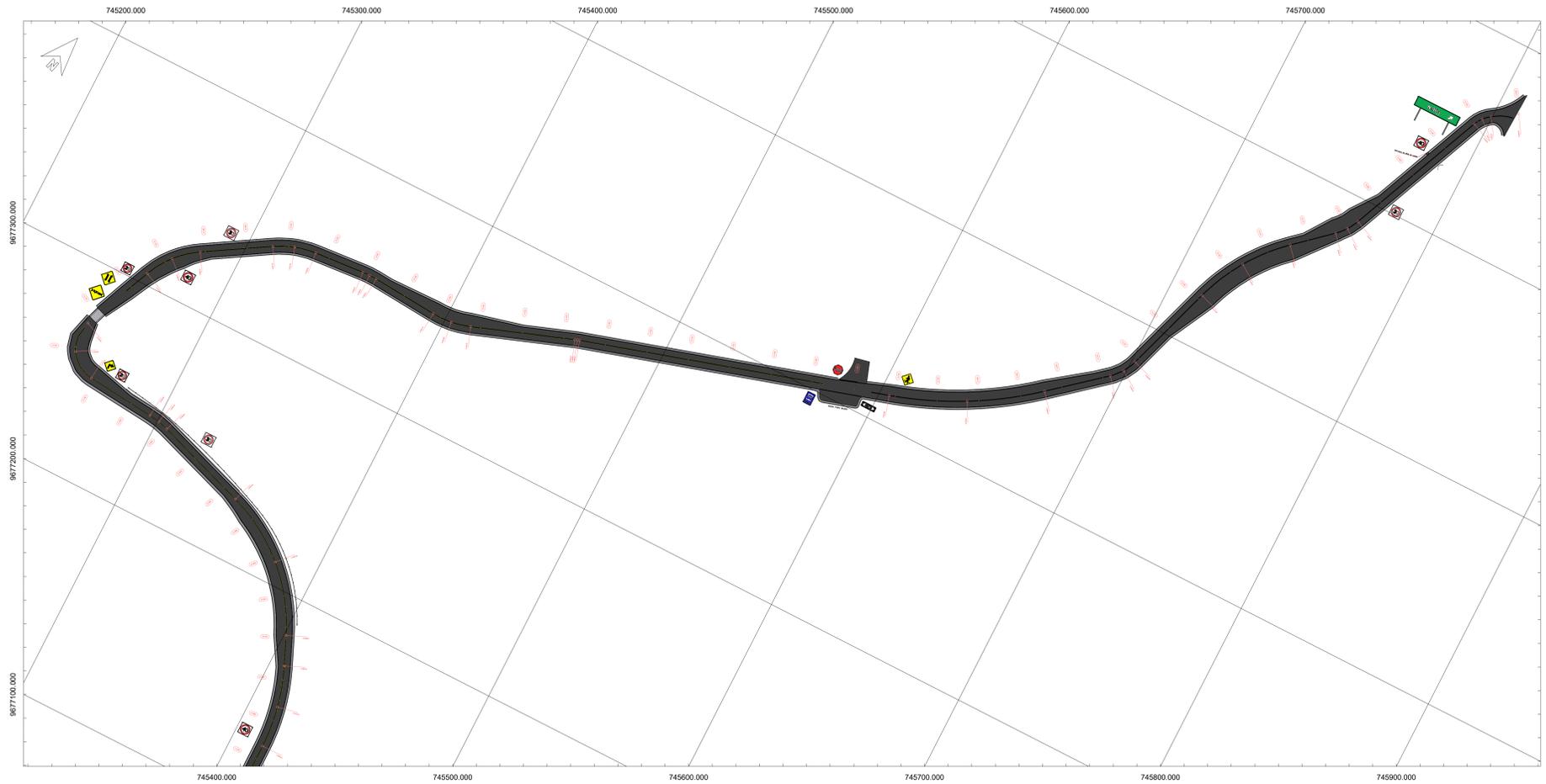
AUTOR:
MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ
RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIAL:
AZUAY
CANTON:
GUALACIO
PARROQUIA:
NALLIG Y LLINTIG

FECHA:
08-JUNIO-2024
ESCALA:
1:1000

LAMINA NUMERO:

16/16



SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE LA VÍA

	DECISIÓN DE DESTINO
	DECISIÓN DE DESTINO
	PARE
	PARADA DE BUS
	DOBLE VÍA
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	CURVA CERRADA IZQUIERDA
	CURVA CERRADA DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA IZQUIERDA - DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA DERECHA - IZQUIERDA
	PUENTE ANGOSTO
	ANCHO MÁXIMO
	RESALTO / REDUCTOR DE VELOCIDAD
	PEATONES EN LA VÍA

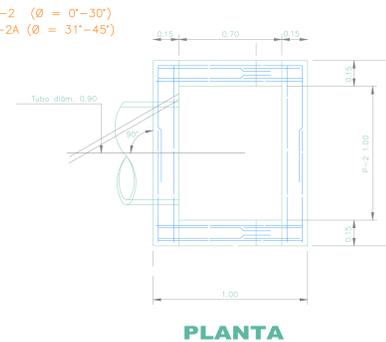
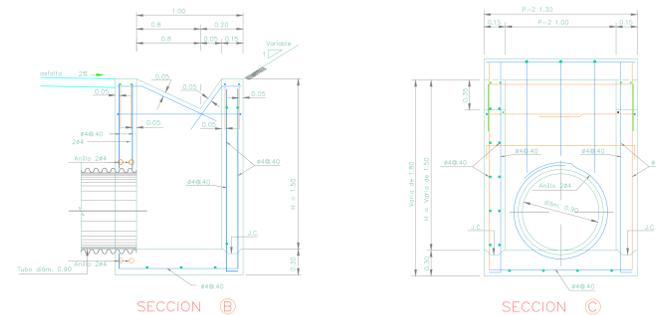
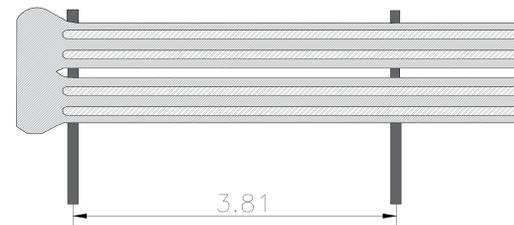
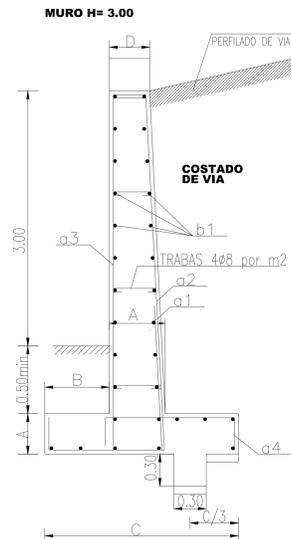
MURO DE H. A.
DE 0+792 a 0+865

GUARDAVÍAS DE ACERO
DE 0+792 a 0+936

ESTRUCTURA DE ALIVIO
DE CUNETAS

CUBICACIONES Y DETALLE DE ARMADURA	
Descripción	
A (cm)	35
B (cm)	45
C (cm)	130
D (cm)	30
a1	Ø16 @ 15 x=72 y=178
a2	Ø12 @ 15 x=22 y=230
a3	Ø12 @ 15 y=327
a4	Ø12 @ 20 x=77 y=27
b1 (var)	Ø10 @ 20
Hormigón por m ³ /ml	1.51
Acero por Kg/ml	Ø10 :25 Ø12 :41 Ø16 :27 total :93

DETALLE MURO HORMIGON ARMADO



CANTIDADES	
CABEZAL	CONCRETO f _{cd} =210 Kg/m ²
CAJA DE TOMA	ACERO DE REFUERZO f _{yd} =4200 Kg/m ²
	m ³
	kg
	0.8
	20.0

ABREVIATURAS:
C.A. = Core Anterior
C.P. = Core Posterior
C.C. = Core Central
A.C. = Ambas Caras
A.C. = Junta de Construcción

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

PROYECTO:
DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN VÍA NALLIG - LLINTIG

PLANO:
SEÑALIZACIÓN Y ESTRUCTURAS DE 0+000 A 1+000



AUTOR:
MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ

RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS

ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA:
AZUAY

CANTON:
GUALACEO

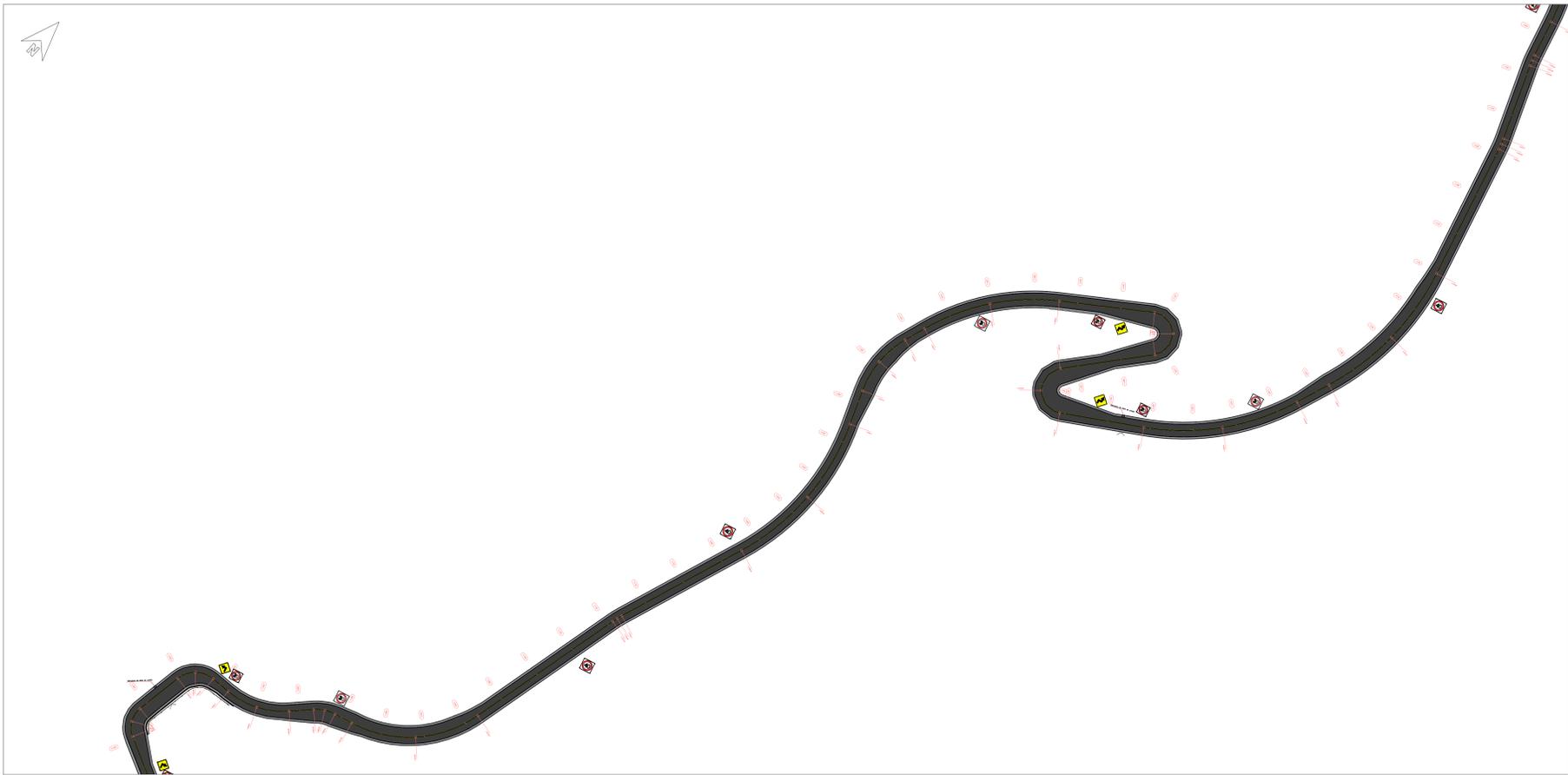
PARROQUIA:
NALLIG Y LLINTIG

FECHA:
ESCALA:

LAMINA NUMERO:

1/4

SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE LA VÍA



	DECISIÓN DE DESTINO
	DECISIÓN DE DESTINO
	PARE
	PARADA DE BUS
	DOBLE VÍA
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	CURVA CERRADA IZQUIERDA
	CURVA CERRADA DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA IZQUIERDA - DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA DERECHA - IZQUIERDA
	PUENTE ANGOSTO
	ANCHO MÁXIMO
	RESALTO / REDUCTOR DE VELOCIDAD
	PEATONES EN LA VÍA

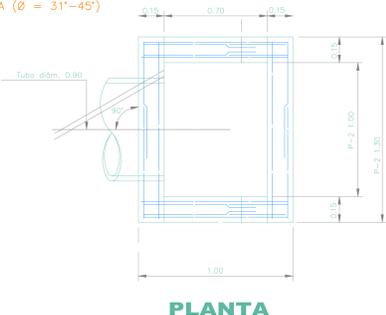
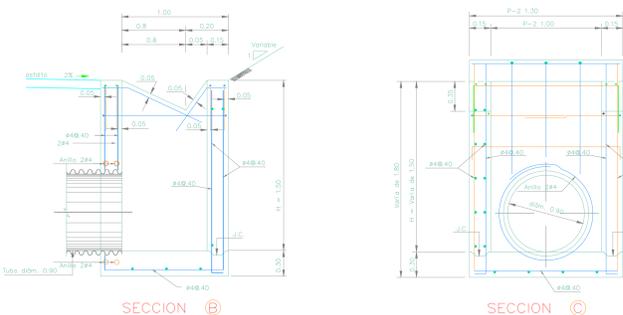
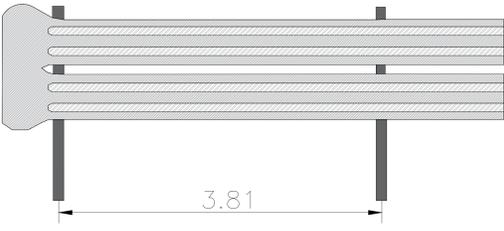
MURO DE H. A.
DE 1+440 a 1+470
DE 1+930 a 2+000

GUARDAVÍAS DE ACERO
DE 0+792 a 0+936

ESTRUCTURA DE ALIVIO
DE CUNETAS
EN 1+294
EN 1+972

CUBICACIONES DETALLE DE ARMADURA	
Descripción	
A (cm)	35
B (cm)	45
C (cm)	130
D (cm)	30
a1	Ø16 @ 15 x=72 y=178
a2	Ø12 @ 15 x=22 y=230
a3	Ø12 @ 15 y=327
a4	Ø12 @ 20 x=77 y=27
b1 (var)	Ø10 @ 20
Hormigon por m ³ /ml	1.51
Acero por Kg/ml	Ø10 :25 Ø12 :41 Ø16 :27
total	:93

DETALLE MURO HORMIGON ARMADO



CANTIDADES	
CABEZAL	CONCRETO
CAJA DE TOMA	ACERO DE REFUERZO
	kg/cm ²
	m ³
	kg/cm ²
	kg
	0.6
	20.0

ABREVIATURAS
C.A. = Cara Anterior
C.P. = Cara Posterior
C.C. = Cara Cara
A.C. = Ambas Caras
J.C. = Junta de Construcción

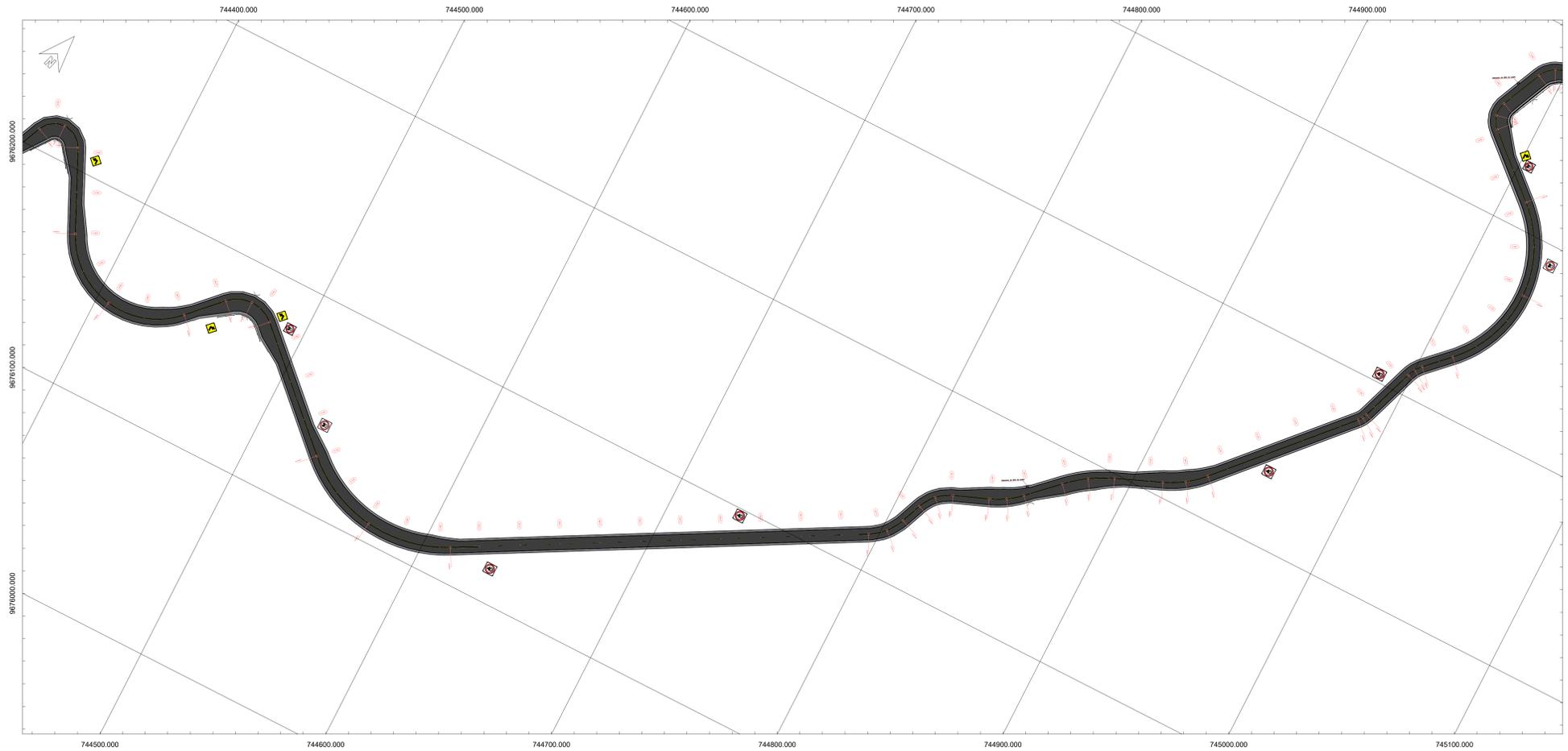
UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA
PROYECTO:
DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN VIA NALLIG - LLINTIG
PLANO:
SEÑALIZACIÓN Y ESTRUCTURAS DE 1+000 A 2+000



AUTOR:
MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ
RESPONSABLE:
ING. DANIEL CARDENAS
ASIGNATURA:
TRABAJO DE TITULACION

PROVINCIA: AZUAY
CANTON: GUALACEO
PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG
FECHA: 06/JUN/2014
ESCALA: 1:1000

LAMINA NUMERO:
2/4



SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE LA VÍA

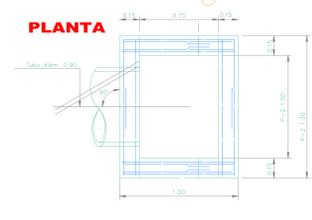
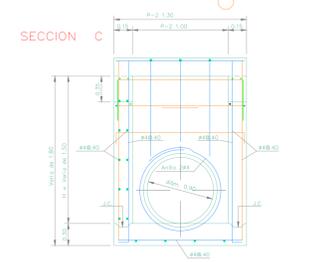
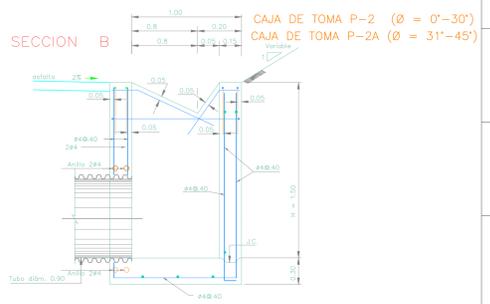
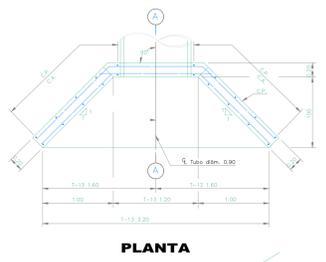
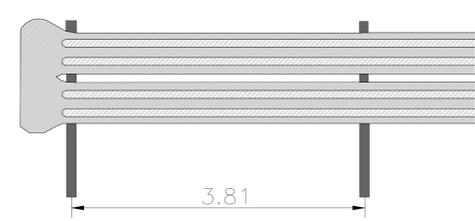
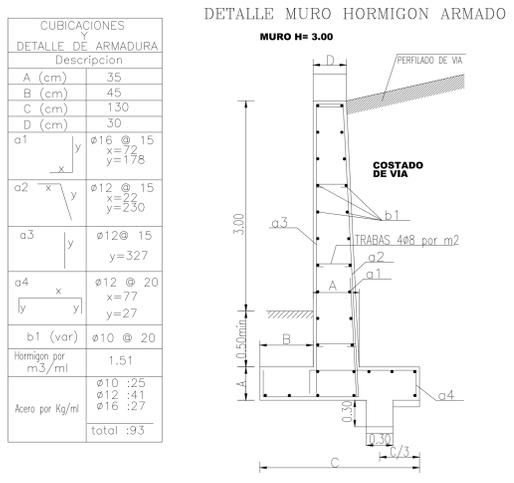
	DECISIÓN DE DESTINO
	DECISIÓN DE DESTINO
	PARE
	PARADA DE BUS
	DOBLE VÍA
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	CURVA CERRADA IZQUIERDA
	CURVA CERRADA DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA IZQUIERDA - DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA DERECHA - IZQUIERDA
	PUENTE ANGOSTO
	ANCHO MÁXIMO
	RESALTO / REDUCTOR DE VELOCIDAD
	PEATONES EN LA VÍA

MURO DE H. A.
DE 2+798 a 2+857
DE 2+967 a 3+019

GUARAVÍAS DE ACERO
DE 2+804 a 2+845
DE 2+972 a 3+019

ALCANTARILLA CON
CABEZALES
EN 2+824
EN 2+995

ESTRUCTURA DE
ALIVIO DE CUNETAS
EN 2+360



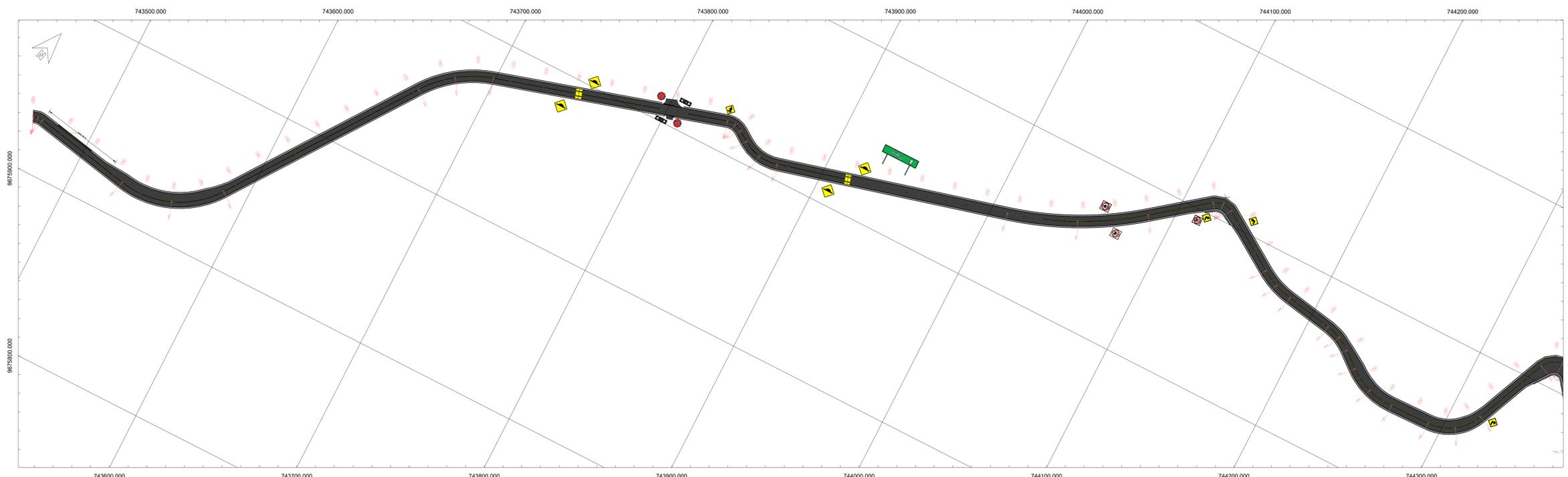
CANTIDADES		
CABEZAL	CONCRETO f _c =280 Kg/cm ³	ACERO DE REFUERZO f _y =4200 Kg/cm ²
CABEZAL TIPO 1-13	1.6	45.0

ABREVIATURAS:
C.A. = Cara Anterior
C.P. = Cara Posterior
C.C. = Codo Cara
A.C. = Ambos Caras
J.C. = Junta de Construcción

CANTIDADES		
CABEZAL	CONCRETO f _c =210 Kg/cm ²	ACERO DE REFUERZO f _y =4200 Kg/cm ²
CAJA DE TOMA	0.8	20.0

ABREVIATURAS:
C.A. = Cara Anterior
C.P. = Cara Posterior
C.C. = Codo Cara
A.C. = Ambos Caras
J.C. = Junta de Construcción

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA		AUTOR: MATEO GORDILLO - CARLOS GOMEZ	PROVINCIA: AZUAY	LAMINA NUMERO:
PROYECTO: DISEÑO DE SEÑALIZACIÓN VIA NALLIG - LLINTIG		RESPONSABLE: ING. DANIEL CARDENAS	CANTON: GUALACEO	3/4
PLANO: SEÑALIZACIÓN Y ESTRUCTURAS DE 2+000 A 3+000		ASIGNATURA: TRABAJO DE TITULACION	PARROQUIA: NALLIG Y LLINTIG	
			FECHA: 08-JUNIO-2024	ESCALA: 1:1000



SEÑALIZACIÓN VERTICAL Y RESALTOS DE LA VÍA

	DECISIÓN DE DESTINO
	DECISIÓN DE DESTINO
	PARE
	PARADA DE BUS
	DOBLE VÍA
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	LÍMITE MÁXIMO DE VELOCIDAD
	CURVA CERRADA IZQUIERDA
	CURVA CERRADA DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA IZQUIERDA - DERECHA
	CURVA Y CONTRA CURVA DERECHA - IZQUIERDA
	PUENTE ANGOSTO
	ANCHO MÁXIMO
	RESALTO / REDUCTOR DE VELOCIDAD
	PEATONES EN LA VÍA
	RESALTO / REDUCTOR DE VELOCIDAD EN VÍA

MURO DE H. A. DE 3+260 a 3+287

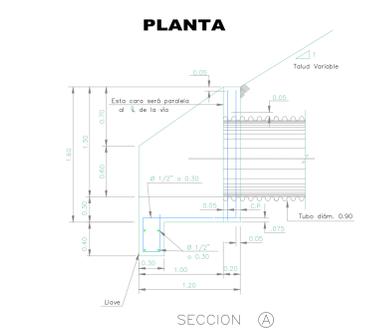
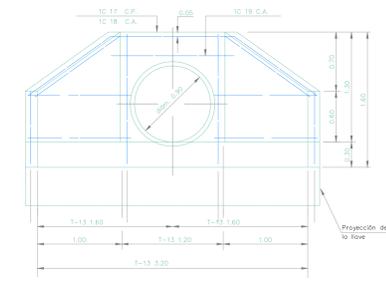
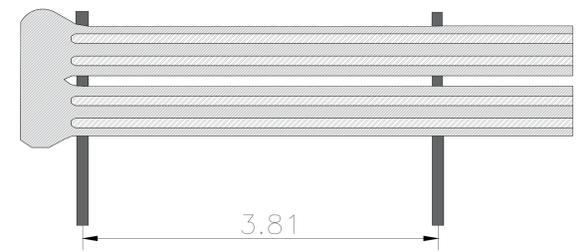
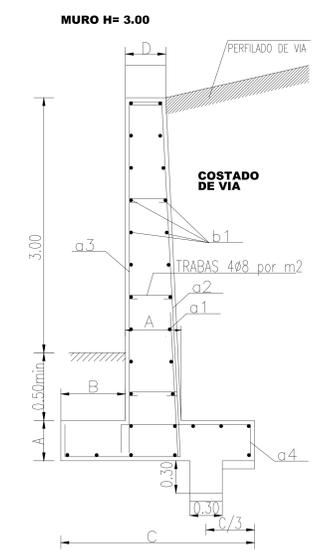
GUARAVÍAS DE ACERO DE 3+260 a 3+287

ALCANTARILLA CON CABEZALES EN 3+274

SUBDREN DE 3+983 a 4+033

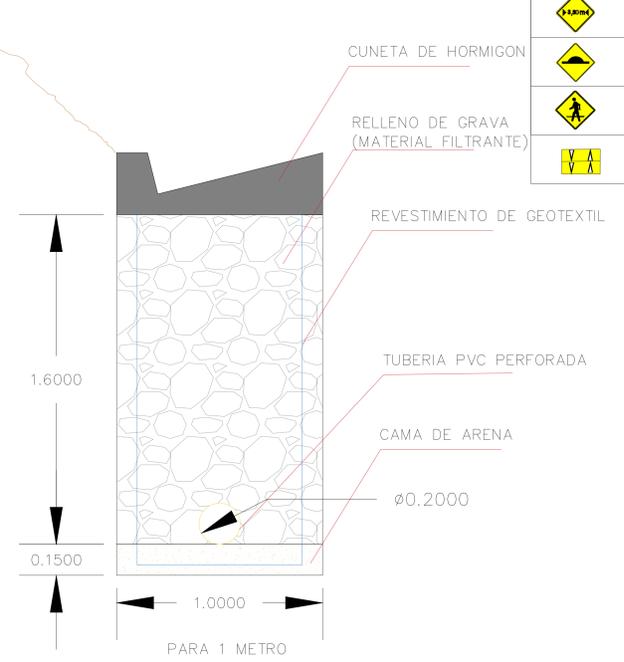
CUBICACIONES	
DETALLE DE ARMADURA	
Descripción	
A (cm)	35
B (cm)	45
C (cm)	130
D (cm)	30
a1	∅16 @ 15 x=72 y=178
a2	∅12 @ 15 x=22 y=230
a3	∅12 @ 15 y=327
a4	∅12 @ 20 x=77 y=27
b1 (var)	∅10 @ 20
Hormigón por m ³ /ml	1,51
Acero por Kg/ml	∅10 :25 ∅12 :41 ∅16 :27 total :93

DETALLE MURO HORMIGON ARMADO



CANTIDADES		
CABEZAL	CONCRETO	ACERO DE REFUERZO
	f _c =280	f _{yk} =400
	Kg/m ²	Kg/cm ²
CABEZAL TIPO T-13	1,6	40,0

ABREVIATURAS:
 C.A. = Cara Anterior
 C.P. = Cara Posterior
 C.C. = Cara Cara
 A.C. = Ambas Caras
 J.C. = Junta de Construcción



VOLUMEN RELLENO DE GRAVA = 1.57 m³
 VOLUMEN RELLENO DE ARENA = 0.15 m³