



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA COCHAPATA -
MORASLOMA, DE LA ABSCISA 7+500 HASTA LA ABSCISA 10+250 KM, CANTÓN
NABÓN, PROVINCIA DEL AZUAY**

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

AUTORAS: LADY DAYANNA BELESACA BARZALLO

ANGIE LEONELA SARMIENTO PAUTE

TUTOR: ING. DANIEL LEONIDAS CÁRDENAS JARAMILLO, MSc.

Cuenca - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Lady Dayanna Belesaca Barzallo con documento de identificación N° 1450147895 y Angie Leonela Sarmiento Paute con documento de identificación N° 1401171705; manifestamos que:

Somos las autoras 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, 23 de enero del 2025

Atentamente,



Lady Dayanna Belesaca Barzallo

1450147895



Angie Leonela Sarmiento Paute

1401171705

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

Nosotras, Lady Dayanna Belesaca Barzallo con documento de identificación N° 1450147895 y Angie Leonela Sarmiento Paute con documento de identificación N° 1401171705, 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 autoras del Proyecto técnico: “Diseño geométrico y estructural de la vía Cochapata - Morasloma, de la abscisa 7+500 hasta la abscisa 10+250 km, cantón Nabón, 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, 23 de enero del 2025

Atentamente,

Lady Dayanna Belesaca Barzallo
1450147895

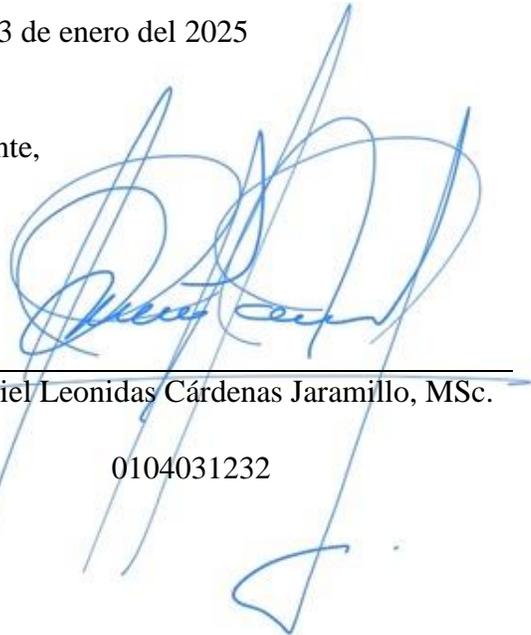
Angie Leonela Sarmiento Paute
1401171705

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 LA VÍA COCHAPATA - MORASLOMA, DE LA ABSCISA 7+500 HASTA LA ABSCISA 10+250 KM, CANTÓN NABÓN, PROVINCIA DEL AZUAY, realizado por Lady Dayanna Belesaca Barzallo con documento de identificación N° 1450147895 y por Angie Leonela Sarmiento Paute con documento de identificación N° 1401171705, 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, 23 de enero del 2025

Atentamente,



Ing. Daniel Leonidas Cárdenas Jaramillo, MSc.

0104031232

DEDICATORIA

A Dios, por el don de la vida, por sostenerme en los momentos de incertidumbre, por permitirme crecer y aprender.

*A mis queridos padres, **Johny Belesaca** y **Mari Barzallo**, por creer en mí y su apoyo incondicional. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Han trabajado arduamente para hacer realidad mis sueños y me han mostrado que, aunque la vida presente desafíos, siempre hay que seguir adelante.*

*A mi hermana, **Joselyn**, por ser mi luz de alegría y motivación en mi vida. Tu curiosidad y entusiasmo me inspiran a ser mejor cada día. Espero que este logro te demuestre que los sueños se pueden alcanzar con esfuerzo y dedicación.*

A toda mi familia, que siempre me dieron sus palabras de aliento.

*A mi compañera de tesis **Angie Sarmiento**, por ser una fuente constante de apoyo y motivación a lo largo de la carrera. Tu dedicación, creatividad y trabajo en equipo han sido fundamentales para alcanzar este logro.*

Y, por último, este logro es para mí, porque nunca me rendí, a pesar de las dificultades que se presentaron en el transcurso de mis estudios, encontré en cada obstáculo una oportunidad para crecer, esta travesía me ha enseñado que cada pequeño paso cuenta y que ser fuerte es un acto de amor hacía uno mismo.

Lady Belesaca

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este importante logro en mi vida.

Agradezco a mis padres, Johny y Mari, por su amor incondicional, su respaldo incesante y por inculcarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Sin su aliento y sacrificio, este logro no habría sido posible.

A mi tutor de tesis, Ing. Daniel Cárdenas, por compartir su conocimiento y experiencia, y por guiarme en el desarrollo de este proyecto. Así también extendo mi gratitud a todos los docentes que han estado a lo largo de la carrera.

También quiero agradecer a mi compañera de tesis, Angie, por su tiempo, por cada risa compartida y por estar a mi lado en cada desafío. Su amistad ha sido un regalo invaluable.

Finalmente, expreso mi más sincero agradecimiento a mis amigos, por ser mi equipo de apoyo durante todo este proceso.

Gracias por ser parte de este camino; este logro es mío, pero también de ustedes.

Lady Belesaca

DEDICATORIA

A mí, por la fortaleza, determinación y esfuerzo que me permitieron llegar hasta aquí.

A mi mamá, por su amor incondicional, apoyo constante y por ser el pilar que siempre me guía.

A mis hermanos, por estar siempre a mi lado. Y en especial a mi hermano menor Víctor, quién, a pesar de su corta edad, ha sido la inspiración para alcanzar esta meta. Su alegría y cariño ha sido un motor que me ha impulsado a seguir adelante.

Angie Sarmiento

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que me han acompañado y apoyado a lo largo de este proceso.

A mi mamá, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi guía y fortaleza en todo momento. A mis hermanos, por su paciencia, aliento y por estar a mi lado en cada paso de este largo camino.

A mis amigos y compañeros por su amistad sincera, sus palabras de ánimo y por ser un pilar emocional durante este proceso. A mi compañera de tesis, Lady, por su colaboración y esfuerzo compartido, que hizo este trabajo mucho más llevadero y enriquecedor.

Finalmente, a Jorge, una persona que me ha acompañado, brindándome su apoyo y motivación en cada etapa. Gracias por estar a mi lado durante estos años de carrera, siendo un pilar fundamental en mi crecimiento personal y académico. Agradezco profundamente tu compañía y aliento.

A todos ustedes, gracias por ser parte de este logro. Este trabajo es también el reflejo de su apoyo y compromiso.

Angie Sarmiento

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DE LA VÍA COCHAPATA -
MORASLOMA, DE LA ABSCISA 7+500 HASTA LA ABSCISA 10+250 KM, CANTÓN
NABÓN, PROVINCIA DEL AZUAY**

Resumen

La infraestructura vial desempeña un rol crucial en el bienestar de la sociedad, ya que facilita el acceso a servicios indispensables como la salud y educación, con esto mejora la calidad de vida de las comunidades. Una red vial eficiente reduce los tiempos y costos de desplazamiento, además mejora el desarrollo socioeconómico.

Este proyecto de titulación ha sido elaborado con el objetivo de realizar el diseño geométrico y estructural de la vía Cochapata - Morasloma, que une al cantón Nabón con el cantón San Felipe de Oña. Como parte de las actividades previas a la ejecución del proyecto, se efectuó el levantamiento topográfico del terreno, se tomaron muestras de suelo para su caracterización y se realizó un conteo vehicular de 24 horas durante una semana, con el objetivo de determinar el volumen de tráfico que transitará por la vía.

Se obtuvo un TPDA proyectado a 20 años de 372 vehículos. Esta vía se encuentra dentro de la clase III, de la clasificación de carreteras de la Norma del Ministerio de Transporte y obras Públicas (MTOPE), debido a que la velocidad de diseño es de 40 km/h. El peralte es de 8%.

En lo que respecta al diseño geométrico y estructural de la vía, se consideró los parámetros de normativa del MTOPE y AASHTO 93, además de las condiciones de la vía, debido a que es una vía existente. Se diseñó la vía de dos carriles, con una calzada de 3 m cada carril. Los estudios de suelos dieron como resultado un CBR del 1.2% lo que indica que el suelo tiene una baja capacidad para soportar cargas, lo que exige reemplazar por material de mejoramiento para alcanzar un valor mínimo de 6% y asegurar la estabilidad de la estructura.

Finalmente se ha calculado un presupuesto referencial del proyecto que es \$1,547,170.61, un millón quinientos cuarenta y siete mil ciento setenta con sesenta y un centavos.

Palabras clave: TPDA, CBR, diseño geométrico, peralte, MTOP, AASHTO.

Abstract

The road infrastructure plays a crucial role in the well-being of society, as it facilitates access to essential services such as healthcare and education, thus improving the quality of life for communities. An efficient road network reduces travel time and costs, while also enhancing socioeconomic development.

This thesis project has been developed with the objective of carrying out the geometric and structural design of the Cochapata – Morasloma road, which connects the Nabon canton with the San Felipe de Oña canton. As part of the preliminary activities for the project's execution, a topographic survey of the terrain was conducted, soil samples were taken for characterization, and a 24-hour traffic count was carried out over a week to determine the traffic volume on the road.

A projected Average Daily Traffic (ADT) of 372 vehicles over 20 years was obtained. This road falls under Class III according to the road classification of the Ministry of Transport and Public Works (MTO) standards, as the design speed is 40 km/h. The superelevation is 8%.

Regarding the geometric and structural design of the road, the parameters of the MTO and AASHTO 93 standards were considered, in addition to the road conditions, as it is an existing road. The road was designed with two lanes, each 3 meters wide. Soil studies resulted in a CBR of 1.2%, indicating that the soil has a low load-bearing capacity, requiring replacement with improved material to achieve a minimum value of 6% and ensure the stability of the structure.

Finally, a referential project budget of \$1,547,170.61 was calculated—one million five hundred forty-seven thousand one hundred seventy dollars and sixty-one cents.

Keywords: CBR, geometric design, superelevation, MTO, AASHTO.

Tabla de Contenido

Resumen.....	V
Abstract.....	VII
Tabla de Contenido.....	VIII
Índice de Tablas	X
Índice de Figuras.....	XII
CAPÍTULO I.....	1
1. Introducción	1
2. Problema de estudio.....	2
2.1 Antecedentes.....	2
2.2 Justificación	3
2.3 Delimitación de la zona de estudio.....	4
3. Objetivos	5
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos.....	5
CAPITULO II	5
4. Marco Teórico.....	5
4.1 Topografía	5
4.2 Curvas de nivel	6
4.3 Tráfico	6
4.4 Tráfico promedio diario anual	6
4.5 Carreteras.....	7
4.6 Clasificación de las carreteras	7
4.7 Volumen de tránsito.....	9

4.8	Estudio de tráfico.....	9
4.9	Estudios de suelo	13
4.10	Diseño geométrico.....	14
4.11	Alineamiento horizontal	16
4.12	Visibilidad en vías	29
4.13	Alineamiento Vertical.....	32
4.14	Diseño de pavimento flexible.....	36
4.15	Obras de drenaje	47
4.16	Señalización.....	54
CAPÍTULO III.....		64
5.	Metodología.....	64
5.1	Recorrido de campo.....	64
5.2	Levantamiento topográfico.....	64
5.3	Transferencia de datos	65
5.4	Procesamiento de datos	65
5.5	Análisis del flujo vehicular.....	65
CAPÍTULO IV		68
6.	Cálculos.....	68
6.1	Proceso del cálculo del TPDA (Tráfico promedio diario anual).....	68
6.2	Proyección del tráfico.....	72
6.3	Estudio de suelos	74
6.4	Diseño geométrico.....	74
6.5	Diseño geométrico horizontal.....	76
6.6	Diseño geométrico vertical.....	78
6.7	Diseño de pavimentos.....	80

6.8	Obras de drenaje	89
7.	Presupuesto	95
8.	Conclusiones	98
9.	Recomendaciones	100
10.	Referencias	101
11.	Anexos.....	104

Índice de Tablas

Tabla 1 Ubicación geográfica del proyecto	4
Tabla 2 Clasificación de un terreno de acuerdo con una pendiente transversal	8
Tabla 3 Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado	8
Tabla 4 Velocidades de Circulación	16
Tabla 5 Gradiente longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del peralte	25
Tabla 6 Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo	29
Tabla 7 Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento de un vehículo.....	31
Tabla 8 Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (porcentaje).....	33
Tabla 9 Curvas verticales convexas mínimas	34
Tabla 10 Curvas verticales cóncavas mínimas	35
Tabla 11 Valores de R recomendados.....	37
Tabla 12 Nivel desviación normal estándar (Z_r)	38
Tabla 13 Algunos valores de fractil de la ley normal centrada, Z_r	38
Tabla 14 Error normal combinado, S_o	39
Tabla 15 Índices de serviciabilidad (P_o).....	40
Tabla 16 Índices de serviciabilidad (P_f)	40
Tabla 17 Calidad del drenaje	41
Tabla 18 Valores de m, recomendados para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares.....	41
Tabla 19 Módulo resiliente de la subrasante.....	42

Tabla 20 Valores máximos recomendados de módulo resiliente (E) para capas de rodadura, base asfáltica y mezclas de alto módulo	43
Tabla 21 Espesores mínimos de las capas en pulgadas	47
Tabla 22 Dimensionamiento de cunetas	48
Tabla 23 Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial	49
Tabla 24 Velocidades del agua con que se erosionan diferentes materiales.....	49
Tabla 25 Coeficiente de escorrentía (C)	51
Tabla 26 Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada	56
Tabla 27 Límite máximo de velocidad	60
Tabla 28 Dimensiones de las señales preventivas	61
Tabla 29 Guías para el uso de señales en curvas cerradas y abiertas.....	61
Tabla 30 Curva cerrada izquierda y derecha.....	62
Tabla 31 Curva abierta izquierda y derecha.....	63
Tabla 32 Curva y contra curva cerradas izquierda – derecha	63
Tabla 33 Resumen del conteo vehicular	66
Tabla 34 Factor semanal correspondiente al presente año.....	68
Tabla 35 Consumo de combustible en la provincia del Azuay en el año 2023	69
Tabla 36 TPDA observado.....	70
Tabla 37 TPDA observado corregido	71
Tabla 38 <i>Tasa de crecimiento vehicular cada 5 años</i>	72
Tabla 39 Tráfico proyectado para el 2044	72
Tabla 40 Cálculo del número de ejes equivalentes ESAL´S	73
Tabla 41 Resultado del número estructural de la base.....	86

Tabla 42 Resultado del número estructural de la subbase	86
Tabla 43 Resultado del número estructural de la mezcla asfáltica	87
Tabla 44 Resultado de los espesores de capa.....	87
Tabla 45 Datos para el cálculo del espesor de mejoramiento	88
Tabla 46 Resumen de las capas estructurales	88
Tabla 47 Cálculo del tiempo de concentración	91
Tabla 48 Cálculo de la Intensidad de precipitación	92
Tabla 49 Cálculo de caudal tramo 10.....	92
Tabla 50 Ubicación de las cajas de entrada	94

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación de la zona de estudio	4
Figura 2 Relaciones entre las velocidades de diseño y de circulación	15
Figura 3 Elementos geométricos de una curva simple	18
Figura 4 Coeficientes de fricción lateral para proyecto en diferentes velocidades	20
Figura 5 <i>Estabilidad del Vehículo en las curvas</i>	21
Figura 6 Curva circular compuesta de dos radios.....	26
Figura 7 Sobreechancho de un carril de tránsito en una curva.....	28
Figura 8 Valores de las ordenadas medias (m) desde la línea de visibilidad hasta el eje del carril interno	32
Figura 9 Coeficiente estructural a_2 para la base granular	43
Figura 10 Coeficiente estructural a_3 para la subbase granular	44
Figura 11 Secciones típicas de cunetas.....	48
Figura 12 Curvas típicas de intensidad – duración – frecuencia – IDF.....	52
Figura 13 Componentes de una alcantarilla.....	53
Figura 14 Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta	55
Figura 15 Doble línea continua.....	56
Figura 16 Doble línea mixta: continua y segmentada.....	57
Figura 17 Líneas continuas de borde, con espaldón o berma	57
Figura 18 Límite máximo de velocidad.....	60
Figura 19 Curva cerrada izquierda y derecha	61
Figura 20 Curva abierta izquierda y derecha.....	62
Figura 21 Curva y contra curva cerradas izquierda - derecha	63

Figura 22 Levantamiento topográfico con RTK.....	64
Figura 23 Colocación de cámara para monitoreo	65
Figura 24 Control de monitoreo.....	67
Figura 25 Ecuación de intensidad válida para la cuenca de estudio	89
Figura 26 Curvas IDF de la Cuenca del Proyecto	90
Figura 27 Cuenca principal.....	91
Figura 28 Ecuación del tiempo de concentración según Kirpich	91
Figura 29 Fórmula para calcular el caudal por el método racional	92
Figura 30 Relación de altura y espaciamiento de cuneta.....	93

CAPÍTULO I

1. Introducción

El proyecto de titulación consiste en realizar el diseño geométrico y estructural de la vía Cochapata-Morasloma, ubicado en el cantón Nabón, provincia del Azuay. El proyecto cuenta con una extensión de 2.75 km, que abarca desde la abscisa 7+500 hasta la abscisa 10+250 km.

Mediante este estudio, se pretende mejorar la operatividad de la vía, permitiendo a los usuarios transitar por una vía segura y confortable, con esto se garantiza una movilidad adecuada y una fluidez óptima del tráfico. Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo un análisis de las condiciones actuales de la vía y de su crecimiento poblacional. Además, se realizó un estudio de la topografía del terreno, volumen de tráfico y de las características geotécnicas del suelo.

El crecimiento de las poblaciones está estrechamente relacionado con el avance económico de un país, lo que hace que la infraestructura vial sea fundamental para facilitar la comunicación entre las personas. Por esta razón, es esencial que las vías ofrezcan el confort y la seguridad necesaria para una adecuada movilidad. En Ecuador, las carreteras son el principal medio de comunicación, y su propósito es fomentar el desarrollo territorial, al mismo tiempo que impulsan aspectos económicos, sociales y de movilidad humana, lo que permite satisfacer las necesidades del país en áreas como educación, empleo, salud y alimentación.

2. Problema de estudio

2.1 Antecedentes

La provincia del Azuay dispone de una red de vías, cuya gestión y mantenimiento está a cargo de la prefectura del Azuay, el sistema vial provincial abarca una longitud de 5055.50 km; no obstante, debido a la falta de recursos económicos, existe un déficit de 2765.50 km de vías que no se encuentran atendidas, así lo expresa el CONGOPE, 2019. A pesar de las circunstancias actuales, la prefectura del Azuay ha destinado más de 25.5 millones de dólares a la rehabilitación de 154 km de vías. (Prefectura de Azuay, 2023)

Cochapata es una parroquia rural del cantón Nabón, ubicado en la provincia de Azuay que, de acuerdo con los resultados del último Censo de Población y Vivienda realizado en el país en el año 2022, la población total es de 3072 habitantes. Esta región, presenta un entorno geográfico desafiante, con marcadas condiciones altitudinales y climáticas. Esta condición orográfica dificulta la movilidad y el desarrollo local, siendo un obstáculo para la actividad agrícola y ganadera, predominante en la zona, lo cual demanda una red vial eficiente para optimizar la logística de producción y comercialización.

El estado de las vías en Cochapata evidencia un avanzado deterioro, caracterizado por deficiencias en su diseño geométrico. La ausencia de un programa de mantenimiento adecuado ha agravado estas condiciones, comprometiendo la seguridad vial y limitando la conectividad con otras localidades.

En Ecuador, la implementación de las disposiciones técnicas establecidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del MTOP ha sido deficiente. Factores como la escasez de recursos económicos y la limitada capacidad técnica local han impedido el cumplimiento de los

estándares normativos, lo que ha derivado en una infraestructura vial con deficiencias geométricas y estructurales.

Los principales problemas que enfrenta la infraestructura vial en Cochapata incluyen el mal estado de las carreteras, la insuficiencia de señalización y la escasez de mantenimiento. Estas deficiencias limitan el acceso a servicios básicos, dificultan el transporte de productos agrícolas y afectan la calidad de vida de los habitantes.

2.2 Justificación

La deficiente infraestructura de la vía que conecta las comunidades de Cochapata representa un obstáculo significativo para el desarrollo socioeconómico, quienes requieren una conexión eficiente, segura y cómoda con el centro de Nabón para potenciar el desarrollo productivo entre ambas comunidades. Las actuales condiciones de la carretera, caracterizadas por un deterioro avanzado y la falta de mantenimiento, generan una serie de problemas que afectan la calidad de vida de los habitantes y limitan sus oportunidades.

Las condiciones actuales de la vía generan daños en los vehículos, levantan polvo que perjudica la salud de los habitantes y, durante la temporada de lluvias, convierten la carretera en un lodazal debido a su superficie compuesta principalmente de tierra y lastre. Esta situación resalta la importancia de mejorar la infraestructura vial para garantizar una movilidad adecuada y contribuir al bienestar de la población.

Por lo tanto, la pavimentación de la vía no solo mejorará la movilidad de los habitantes, sino que también contribuirá a posicionar la zona como un destino turístico y de comercio, lo que a su vez atraerá inversiones y estimulará el crecimiento de la población. Por otra parte, el diseño de esta vía de 2.75 km se basará en un marco normativo sólido, que incluye las regulaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas. La vía está ubicada en el cantón Nabón, en la

provincia del Azuay, por lo que se considerarán las regulaciones municipales correspondientes, los estándares internacionales (AASHTO 1993) y Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTO). Este enfoque garantizará que el diseño cumpla con los más altos estándares de calidad y seguridad, adaptándose a las particularidades del terreno y las necesidades de la comunidad.

2.3 Delimitación de la zona de estudio

El presente estudio se enfocará en el diseño geométrico y estructural de la vía que conecta a las comunidades de Cochapata perteneciente al cantón Nabón, y Morasloma, perteneciente al cantón San Felipe de Oña ubicados en la provincia del Azuay.

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, tomada de Google Earth

Tabla 1

Ubicación geográfica del proyecto

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO						
	NORTE		ESTE		ELEVACIÓN	
INICIO	9621525	m	710813	m	2542.84	msnm
FINAL	9620372	m	711576	m	2560.72	msnm

Nota: Elaboración propia

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Realizar el diseño geométrico y estructural de 2.75 km de la vía Cochapata - Morasloma, cantón Nabón, provincia del Azuay.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento topográfico del tramo de estudio.
- Determinar TPDA (tráfico promedio diario anual).
- Realizar los ensayos de laboratorio correspondientes con calicatas del suelo de la zona de estudio y así determinar las propiedades mecánicas existentes en la subrasante.
- Elaborar el diseño geométrico vertical y horizontal para la vía de estudio.
- Diseñar la estructura del pavimento flexible.
- Diseñar las cunetas.
- Diseñar la señalización tanto vertical como horizontal.
- Elaborar el presupuesto.

CAPITULO II

4. Marco Teórico

4.1 Topografía

Según los autores (Vargas et al., 2023) la topografía se ha definido como una ciencia aplicada, encargada de determinar la posición relativa de puntos sobre la Tierra y la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre.

En un sentido más general, se puede definir como la disciplina que abarca todos los métodos para reunir información de partes físicas de la Tierra, tales como el relieve, los litorales,

los cauces de corrientes hídricas, entre otros, usando para ello los métodos clásicos de medición en terreno, la fotogrametría y los sensores remotos.

En el diseño vial, la topografía es el primer paso para la realización del proyecto, en donde se muestra de manera gráfica y detallada la superficie del terreno.

4.2 Curvas de nivel

Son líneas obtenidas a través de estudios topográficos, representan las variaciones de altitud del terreno, permitiendo identificar de manera precisa zonas con pendientes suaves o abruptas, así como las formas del relieve, tales como crestas y valles.

4.3 Tráfico

La capacidad de una carretera, entendida como el máximo flujo vehicular que puede soportar, es un aspecto clave en el diseño vial. Para determinar esta capacidad, es necesario analizar los datos de tráfico existentes y proyectados. Según el (Ministerio de Transporte y Obras Públicas [MTO], 2003) el tráfico es un factor determinante en la definición de las características geométricas de una vía.

4.4 Tráfico promedio diario anual

Al dividir el volumen total de vehículos que transitan por una carretera en un año entre 365 días, obtenemos el TPDA, una medida que indica el uso promedio diario de la vía. Este valor es importante para determinar el uso anual como justificación de costos en el análisis económico y para dimensionar los elementos estructurales y funcionales igual de la carretera (Norma Ecuatoriana Vial [NEVI-12-MTO], 2013).

El TPDA es un dato clave para la planificación y gestión vial, ya que permite evaluar la demanda vehicular, dimensionar la capacidad de las vías y tomar decisiones sobre la

implementación de medidas de control de tráfico, como la señalización, semaforización y construcción de nuevas infraestructuras.

4.5 Carreteras

Según Cárdenas (2013), una carretera es una vía de comunicación terrestre especialmente acondicionada para permitir el flujo vehicular constante y seguro. Se construye sobre un terreno reservado para tal fin y se diseña con el objetivo de ofrecer un viaje cómodo y eficiente. (p.1)

La variedad de tipos de carreteras, cada una adaptada a necesidades específicas, las convierte en un elemento fundamental para la conectividad regional y el desarrollo socioeconómico.

4.6 Clasificación de las carreteras

4.6.1 Según su función

Carreteras primarias o de primer orden: “Son aquellas vías troncales, transversales y de accesos a las capitales de los Departamentos, que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y de consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de carreteras puede ser de calzadas divididas según las exigencias del proyecto, y deben ser siempre pavimentadas” (Cárdenas, 2013, p. 3).

Carreteras secundarias o de segundo orden: “Son aquellas vías que unen cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado” (Cárdenas, 2013, p. 3).

Carreteras terciarias o de tercer orden: “Son aquellas vías de acceso que unen cabeceras municipales con sus veredas, o que unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas

como terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deben cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras Secundarias” (Cárdenas, 2013, p. 3).

4.6.2 Según su terreno

Según Cárdenas (2013), la clasificación del tipo de terreno se basa en su topografía, y los terrenos se categorizan según las pendientes de la zona analizada. Así, se pueden clasificar en llano, ondulado, montañoso y escarpado.

Tabla 2

Clasificación de un terreno de acuerdo con una pendiente transversal

Tipo de terreno	Pendiente transversal
Llano	Menores al 3%
Ondulado	3% al 6%
Montañoso	6% al 8%

Nota: Datos tomados de Cárdenas Grisales (2013).

4.6.3 Según el tráfico proyectado

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado según el MTOP.

Tabla 3

Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA*
R - I o R - II	> 8000
I	3000 - 8000
II	1000 - 3000
III	300 - 1000
IV	100 - 300
V	< 100

Nota: Tomado de MTOP (2003).

4.7 Volumen de tránsito

El volumen de tránsito hace referencia al número de vehículos que transitan por una carretera durante un intervalo de tiempo determinado. Este concepto es crucial en la planificación y el diseño de infraestructuras viales, ya que permite establecer la capacidad de una vía y evaluar su desempeño.

Los datos sobre el flujo vehicular, ya sea en forma de TPDA o de volúmenes horarios, son insumos fundamentales para la planificación y diseño de las vías. Estos datos permiten identificar los puntos de congestión, evaluar la capacidad de las carreteras y dimensionar las futuras inversiones en infraestructura vial. Asimismo, los análisis por hora pico son cruciales para determinar la necesidad de implementar medidas de control del tráfico (Uribe, 2006).

4.8 Estudio de tráfico

El estudio de tráfico consiste en un análisis detallado que se lleva a cabo para evaluar y entender cómo se comporta el tránsito en una zona específica o en una carretera determinada. Este tipo de análisis es crucial para la planificación y el diseño de infraestructuras viales, así como para la administración del tráfico.

La información relacionada con el tráfico debe incluir la evaluación del tráfico actual, que abarca tanto los volúmenes como los tipos de vehículos. Esto se debe basar en estudios que estimen el tráfico futuro, esto mediante proyecciones.

4.8.1 Tráfico actual

El tráfico actual se refiere al volumen de vehículos que utilizan una vía en un momento dado, ya sea antes de su mejora o si se trata de una carretera recién construida. En otras palabras, es la cantidad de vehículos que circulan por una carretera en el presente.

Para una carretera que va a ser mejorada el tráfico actual abarca dos componentes:

Tráfico Existente: “Es aquel que se usa en la carretera antes del mejoramiento y que se obtiene a través de los estudios de tráfico” (MTOP, 2003, p. 17).

Tráfico Desviado: “Es aquel atraído desde otras carreteras o medios de transporte, una vez que entre en servicio la vía mejorada, debido a ahorros de tiempo, distancia o costo” (MTOP, 2003, p. 17).

4.8.2 Tráfico futuro

Las estimaciones del volumen y composición del tráfico se basan en el análisis detallado del tráfico actual y proyecta estos datos a un futuro de 15 a 20 años considerando el crecimiento normal del tráfico, el tráfico adicional generado por nuevos desarrollos urbanos, y el impacto del desarrollo de infraestructuras. Esta previsión de tráfico sirve, además, para indicar cuando una carretera debe mejorar su superficie de rodadura o para aumentar su capacidad, de este modo, se asegura que la infraestructura vial sea adecuada para satisfacer las necesidades de movilidad de la población (MTOP, 2003).

4.8.3 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Para el cálculo del TPDA se debe considerar lo siguiente:

“En vías de un solo sentido de circulación, el tráfico será el contado en ese sentido”(MTOP, 2003, p. 12).

En vías de dos sentidos de circulación, se tomará el volumen de tráfico en las dos direcciones. “Normalmente para este tipo de vías, el número de vehículos al final del día es semejante en los dos sentidos de circulación” (MTOP, 2003, p. 12).

“Para el caso de Autopistas, generalmente se calcula el TPDA para cada sentido de circulación, ya que en ellas interviene lo que se conoce como FLUJO DIRECCIONAL que es el

% de vehículos en cada sentido de la vía: esto, determina composiciones y volúmenes de tráfico diferentes en un mismo período” (MTOP, 2003, p. 12).

Para calcular el TPDA, se utilizarán los datos de una estación de conteo permanente. Estos datos permitirán analizar las variaciones de tráfico a lo largo del tiempo y proyectar su crecimiento futuro. Como no es usual ni práctico tener estaciones permanentes en todas las rutas, se puede estimar en una primera semana el TPDA semanal, efectuando montajes por muestreo de 24 horas diarias, durante por lo menos 7 días por semana que incluyan sábado y domingo (MTOP, 2003)

4.8.3.1 Cálculo del TPDA

El TPDA se puede calcular con muestreos y mediante factores de variación que son:

Factor horario (FH): “Permite transformar el volumen de tráfico que se haya registrado en un determinado número de horas a Volumen Diario Promedio” (MTOP, 2003, p. 14).

Factor diario (FD): “Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio” (MTOP, 2003, p. 15).

Factor semanal (FS): “Transforma el volumen semanal promedio de tráfico en Volumen Mensual Promedio” (MTOP, 2003, p. 16).

Factor Mensual (FM): “Transforma el volumen mensual promedio de tráfico en TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL” (MTOP, 2003, p. 16).

$$TPDA = T_0 \times FH \times FD \times FS \times FM \quad (1)$$

Donde: $T_0 = \text{tráfico observado}$

4.8.3.2 Tasa de motorización

El modelo logit o logístico se basa en la Tasa de Motorización (T_m), que indica cuántos vehículos hay por cada mil habitantes en un año específico. Posteriormente con la evolución

histórica de la Tm, busca la Tasa de Saturación (Ts), en la que la Tm se estabiliza lo que quiere decir que la población crece, el parque automotor de livianos crece, pero la tasa de motorización tiende a ser constante (Mejía, 2017).

La fórmula general para calcular la tasa de motorización es:

$$Tm = \frac{Ts}{1 + e^{(a+bt)}} \quad (2)$$

Donde:

Tm = Tasa de Motorización para un año k (vehículos/1000 habitantes)

Ts = Tasa de saturación (vehículos/1000 habitantes)

e = Base del logaritmo natural

a = Constantes a determinar

b = Constantes a determinar

t = Tiempo

Despejando:

$$(a + bt) = \ln\left(\frac{Ts}{Tm} - 1\right) \quad (3)$$

Por consiguiente, obtenemos una ecuación lineal en la que “b” representa la pendiente de la recta y “a” corresponde a la ordenada en el origen.

$$Y = a + bt \quad (4)$$

4.8.3.3 Tráfico proyectado

Si no se dispone de la información estadística, las proyecciones se realizarán utilizando la tasa de crecimiento poblacional o el consumo de combustible como referencia.

$$Tf = Ta(1 + i)^n \quad (5)$$

Donde:

Tf = Tráfico futuro o proyectado

Ta = Tráfico actual

i = Tasa de crecimiento del tráfico (en caso de no contar con datos, utilizar la tasa de crecimiento poblacional o de combustibles)

n = Número de años proyectados

4.9 Estudios de suelo

El estudio de suelo se realiza para analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, esto garantiza la estabilidad, durabilidad y seguridad de la infraestructura vial. Además, nos permite conocer la capacidad de carga del suelo, y con ellos podemos determinar qué tipo de pavimento es necesario para que soporte el volumen de tráfico (COTECNO, 2022).

4.9.1 Granulometría

El ensayo de granulometría es el estudio y la clasificación que componen un material, en función de su tamaño. Este ensayo es importante porque se puede conocer la permeabilidad y la cohesión del suelo, y esto ayuda para la construcción de proyectos.

La granulometría se realiza mediante tamizado, los tamices son de diferente numeración y se mide cuanto de material pasa a través de cada tamiz (COTECNO, 2022). La norma para usarse en este ensayo es la ASTM D – 422.

4.9.2 Ensayo de Proctor Modificado

El ensayo de Proctor Modificado es empleado para determinar la humedad óptima de compactación del suelo. Para realizar el ensayo se usa un molde cilíndrico, que se rellena con 5 capas de material dando 25 golpes por cada capa, el martillo apisonador a usarse con un peso

normado, el material usado es humedecido con diferentes valores de humedad por cada muestra (GEOTECNIA FACIL, 2019). El ensayo de Proctor esta normado en la ASTM D – 698.

4.9.3 Ensayo de CBR

Californian Bearing Ratio, conocido por siglas CBR, es un ensayo utilizado para la obtención de la resistencia a la penetración del suelo en laboratorio, con el fin de usar este parámetro en el diseño de pavimentos (Gordillo & Navas, 2018).

“El resultado se expresa en porcentaje como la relación entre la presión necesaria para que un pistón penetre en el material hasta cierta profundidad, y la presión correspondiente a esa misma penetración en una muestra patrón” (CONCRELAB, 2024).

Este ensayo ayuda a determinar la capacidad de soporte del suelo, en el diseño de pavimentos, el CBR es usado para diseñar las capas de material que se requieren para soportar las cargas esperadas. Un CBR alto indica presencia de material con buena capacidad de carga y resistencia (CONCRELAB, 2024).

4.10 Diseño geométrico

El diseño geométrico se refiere a la planificación de las características visibles de una vía, como el pavimento, la alineación horizontal y vertical, las pendientes, las intersecciones, entre otras. Este proceso es importante para cumplir con las necesidades de los conductores, de esta forma se asegura tanto la seguridad como el confort de los usuarios. Es importante tener en cuenta que el diseño geométrico esta influenciado por varios parámetros como tipo de vía, características del vehículo y volumen de tráfico (Guevara, 2022).

4.10.1 Velocidad de diseño

Según Cárdenas (2013) la velocidad de diseño se define como la máxima velocidad segura y cómoda que puede ser mantenida en un tramo determinado de una vía, cuando las condiciones son tan favorables, que las características geométricas de la vía predominan.

La velocidad de diseño es un parámetro clave en el diseño geométrico de carreteras, ya que determina las características geométricas de la vía y garantiza la seguridad vial. Pues, esta velocidad se selecciona en función de factores como la topografía, el volumen de tráfico y el uso del suelo (MTOP, 2003).

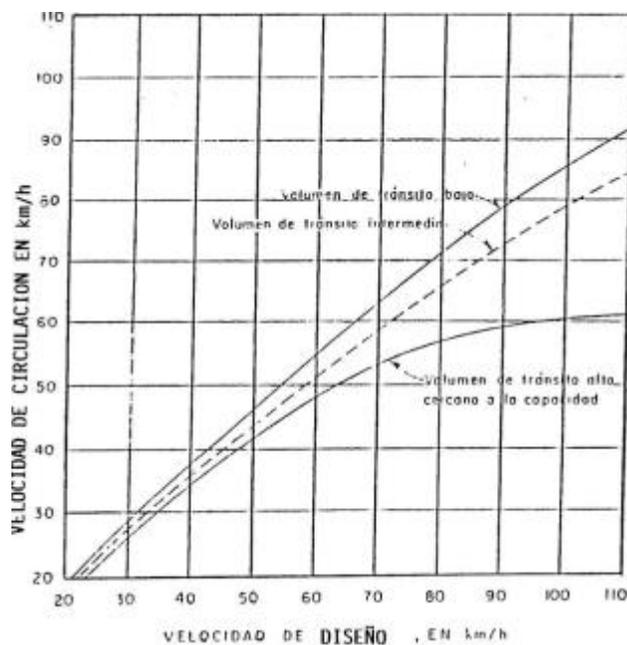
4.10.2 Velocidad de circulación

Se define velocidad de circulación a la velocidad real de un vehículo en un tramo de vía, esta velocidad es igual a la distancia recorrida entre el tiempo de circulación del vehículo (MTOP, 2003).

Cuando incrementa el número de vehículos en una carretera, la velocidad a la que circulan tiende a reducirse debido a la congestión y la interferencia entre los vehículos, es decir, es inversamente proporcional: a mayor volumen, menor velocidad. Esta relación se representa comúnmente, donde se muestra que a medida que el volumen de tránsito aumenta, la velocidad de circulación disminuye debido a tiempos de espera más largos en puntos críticos como intersecciones y entradas/salidas (MTOP, 2003).

Figura 2

Relaciones entre las velocidades de diseño y de circulación



Fuente: Tomado de MTOP (2003).

Tabla 4

Velocidades de Circulación

VELOCIDAD DE DISEÑO EN km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN KM/h		
	VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO	VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Nota: Tomado de MTOP (2003).

4.11 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal se refiere a la proyección del eje de la carretera sobre un plano horizontal. Esta proyección incluye las tangentes y las curvas, estas pueden ser circulares o de

transición. En un tramo recto, la proyección del eje es la que define la tangente, y el enlace entre dos tangentes con direcciones diferentes se realiza mediante una curva.

Los factores que determinan al alineamiento horizontal son la topografía, características hidrológicas de la zona de estudio, las condiciones de drenaje, las propiedades técnicas de la subrasante y la capacidad de los materiales locales.

4.11.1 Tangentes

Las tangentes son los tramos rectos del alineamiento horizontal que conectan las curvas. Representan las líneas rectas que definen la dirección del camino en un plano horizontal y permiten la transición suave entre las curvas o entre las curvas y otros tramos rectos de la vía. El punto donde se cruzan las prolongaciones de dos tangentes se conoce como PI, mientras que al ángulo formado entre la prolongación de una tangente y la siguiente se le denomina alfa (α).

Las tangentes están conectadas por curvas y la distancia entre el final de una curva y el inicio de la siguiente se conoce como tangente intermedia. La longitud máxima está limitada por consideraciones de seguridad. Las tangentes intermedias demasiado largas incrementan el riesgo de accidentes debido a que provocan somnolencia en los conductores al mantener su atención fija en un punto del camino por periodos prolongados. Es recomendable limitar su longitud y optar por alineaciones onduladas con curvas de mayor radio (MTOP, 2003).

4.11.2 Curvas Circulares

Las curvas circulares son arcos de círculo que representan la proyección horizontal de las curvas que enlazan dos tangentes consecutivas y se dividen en simples o compuestas.

Se caracteriza por los siguientes elementos geométricos:

PI (Punto de intersección de las tangentes): Es el punto donde se cruzan las rectas tangentes a la curva en los puntos PC Y PT.

PC (Principio de curva): Es el punto donde la tangente se une a la curva circular, marca el inicio de la curva.

PT (Principio de tangente): Es el punto donde la curva circular se une nuevamente a una tangente, marca el final de la curva.

O (Centro de la curva): Es el punto equidistante de todos los puntos de la circunferencia que forma la curva.

Δ (Ángulo de deflexión): Es el ángulo central que abarca el arco de la curva circular, representa el cambio de dirección de la alineación.

R (Radio): Es la distancia desde el punto central de la curva hasta cualquier punto de su borde circular. Esta medida es fundamental para determinar el tamaño y la forma de la curva.

T (Tangente o subtangente): Es la distancia medida a lo largo de la tangente desde el PI hasta el PC o PT.

L (Longitud de curva circular): Es la longitud del arco de la circunferencia que forma la curva, representa la distancia medida a lo largo de la curva entre los puntos PC y PT.

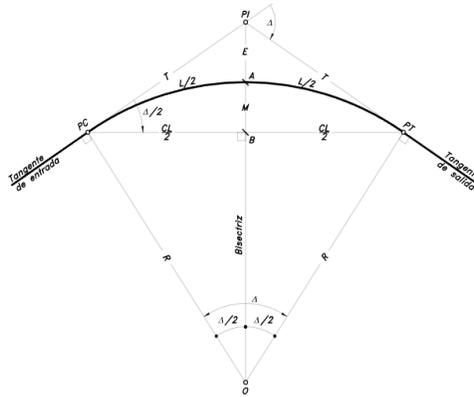
CL (Cuerda Larga): Es la línea recta que une los puntos PC y PT.

E (Externa): Es la distancia medida a lo largo de la prolongación de una tangente, desde el PI hasta el punto más alejado de la curva.

M (Ordenada media): Es la distancia medida perpendicularmente desde el punto medio de la cuerda larga hasta el punto medio del arco de la curva.

Figura 3

Elementos geométricos de una curva simple



Fuente: Tomado de Cárdenas Grisales (2013).

A partir de estos elementos, se pueden deducir expresiones que permiten determinar todos los parámetros de la curva:

Cuerda larga

$$CL = 2 \times R \times \sin \frac{\theta}{2} \quad (6)$$

Tangente

$$T = R \times \tan \left(\frac{\alpha}{2} \right) \quad (7)$$

Grado de curvatura

$$G_c = \frac{360 \times CL}{2 \times \pi \times R} \quad (8)$$

Longitud de curva circular

$$L = \frac{\Delta \delta \times CL}{G_c} \quad (9)$$

Externa

$$E = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad (10)$$

Ordenada media

$$M = R - R \cos \frac{\alpha}{2} \quad (11)$$

Deflexión por metro

$$D.m = \frac{G_c}{2 \times L_c} \quad (12)$$

Deflexión por unidad de cuerda

$$D.c = \frac{G_c}{2} \quad (13)$$

Principio de curva

$$PC = PI - T \quad (14)$$

Final de curva

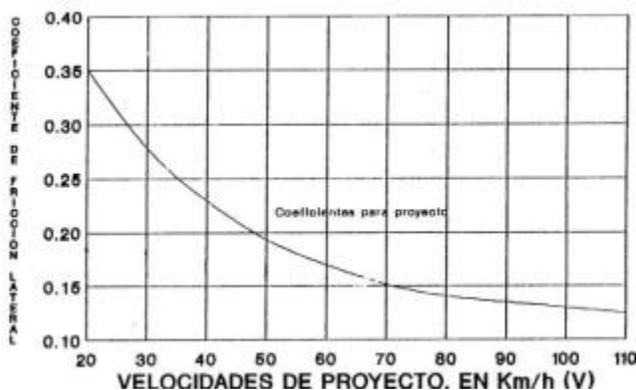
$$PT = PC + L \quad (15)$$

4.11.3 Coeficiente de fricción lateral (f).

El coeficiente de fricción lateral es un valor numérico que nos indica qué tan bien un neumático se adhiere a la carretera cuando un vehículo toma una curva. A mayor coeficiente, mayor será la adherencia y menor el riesgo de deslizamiento.

Figura 4

Coefficientes de fricción lateral para proyecto en diferentes velocidades



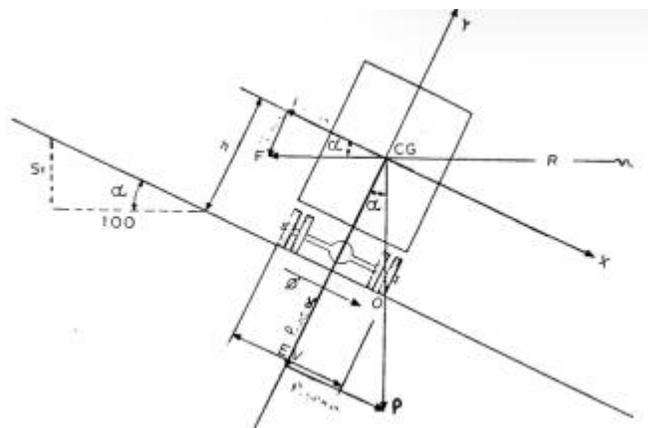
Fuente: Tomado de MTOP (2013).

4.11.4 Peralte

El peralte es la inclinación hacia el exterior que tiene una carretera en una curva, es decir, que el borde exterior de la carretera está un poco más elevado que el interior. Según el MTOP (2003): Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga “F”. Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso (P) del vehículo, debido al peralte, y por la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y la calzada. (p.51)

Figura 5

Estabilidad del Vehículo en las curvas



Fuente: Tomado de MTOP (2003).

La Fuerza centrífuga “F” se calcula con la siguiente ecuación:

$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{P \times V^2}{gR} \quad (16)$$

Donde:

P = Peso del vehículo, Kg.

y = Velocidad de diseño, m/seg.

g = Aceleración de la gravedad = 9.78 m/seg².

R = Radio de la curva circular, m.

La fórmula para el cálculo del peralte es la siguiente:

$$e = \frac{V^2}{127 R} - f \quad (17)$$

Donde:

e = peralte de la curva, m/m.

V = velocidad de diseño, km/h.

R = radio de curvatura, m.

f = máximo coeficiente de fricción lateral.

4.11.4.1 Magnitud del Peralte

Si bien el peralte mejora la seguridad y comodidad en las curvas, un exceso de inclinación puede provocar deslizamientos hacia el interior de la curva a bajas velocidades. Por ello, la fricción entre los neumáticos y la carretera es fundamental para garantizar la estabilidad en curvas pronunciadas. Según el MTOP (2003): Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseños mayores a 50 km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 km/h. (p.56)

Es importante que el valor del peralte no exceda el valor recomendable debido a que un peralte excesivo puede provocar que un vehículo se deslice hacia el interior de la curva cuando se desplaza a baja velocidad.

4.11.4.2 Desarrollo del Peralte

Se conoce como desarrollo del peralte al proceso en el cual se introduce una inclinación transversal en una carretera para adaptarla a una curva horizontal. Esto sucede cada vez que se pasa de un tramo recto a una curva, es de importante hacer una transición en la sección

transversal, se pasa de una sección normal a una completamente peraltada o viceversa. Durante esta transición se debe lograr que la fuerza centrífuga pase de un valor nulo en la alineación recta al valor “F” que corresponde a una curva con radio “R”.

El ajuste del peralte se logra al usar una curva de enlace, este guía la trayectoria del vehículo durante la transición, a través de dos factores primordiales: el radio de la curva a peraltar y la comodidad del recorrido vehicular. Para implementar el peraltado y su transición existen tres métodos.

1. *Rotando la calzada en torno a su eje (adecuado para terrenos montañosos).*
2. *Girando la calzada en torno a su borde interior (se recomienda en terrenos planos).*
3. *Girando la calzada alrededor de su borde exterior.*

Para la selección del método a usarse se debe tomar en cuenta la topografía del terreno y las condiciones de drenaje. El cálculo de la longitud total para el desarrollo del peralte se realiza de la siguiente manera:

1. *Se evalúa si la transición del peralte se implementará a lo largo de una curva de enlace. Dado ese caso, la longitud de esa curva se calcula usando la fórmula que se presenta a continuación.*

2. *Se determina el valor de la elevación adicional generada por el peralte “e”.*

$$h = e \times b \quad (18)$$

Donde:

h = es la sobrelevación, expresada en m.

e = es el peralte, expresado en %.

b = es el ancho de la calzada, se expresa en m.

3. Se determina la longitud “L” correspondiente al desarrollo del peralte en relación con la gradiente de borde “i”, este valor se obtiene en función del cuadro gradiente longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del peralte.

$$L = \frac{h}{2i} = \frac{e b}{2i} \quad (19)$$

$$i = \frac{e b}{2} L \quad (20)$$

Donde:

i= es la gradiente de borde.

4. Al mayor valor entre “L” y “Le” se adopta como la longitud de transición.

5. Se calcula la longitud para la transición del bombeo en la sección normal, a través de la diferencia de altura entre el eje y el borde de la vía.

$$S = \frac{b P}{2} \quad (21)$$

Donde:

S = diferencia de nivel del eje al borde de la vía, expresado en m.

P = pendiente transversal, expresado en %.

B = ancho de la calzada, expresado en m.

6. Se calcula la longitud necesaria dentro de la tangente para ajustar el plano del carril exterior hasta que se encuentre a nivel con la horizontal.

$$x = \frac{S}{i} = \frac{b P}{2i} \quad (22)$$

7. Se determina la longitud total de transición.

$$L_T = L + X \quad (23)$$

Tabla 5

Gradiente longitudinal (i) necesaria para el desarrollo del peralte

GRADIENTE LONGITUDINAL (i) PARA EL DESARROLLO DEL PERALTE		
Vd., Km/h	VALOR DE (i), %	MÁXIMA PENDIENTE EUIVALENTE
20	0.8	1:125
25	0.775	1:129
30	0.75	1:133
35	0.725	1:138
40	0.7	1:143
50	0.65	1:154
60	0.6	1:167
70	0.55	1:182
80	0.5	1:200
90	0.47	1:213
100	0.43	1:233
110	0.4	1:250
120	0.37	1:270

Nota: Tomado de MTOP (2003).

4.11.4.3 Radio Mínimo de Curvatura Horizontal (R).

El radio mínimo de curvatura horizontal es el valor más bajo que garantiza la seguridad del tránsito a una velocidad de diseño específica, considerando el peralte máximo (e), y el coeficiente de fricción lateral (f). Utilizar curvas con radios inferiores al mínimo establecido requerirá peraltes que excedan los límites prácticos para el funcionamiento de los vehículos. Razón por la cual el radio de curvatura es un factor crucial para el diseño del alineamiento.

El radio mínimo bajo condiciones seguras puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \quad (24)$$

Donde:

R = radio mínimo de curvatura horizontal, m.

V = velocidad de diseño, km/h.

f = coeficiente de fricción lateral.

e = peralte de la curva, m/m.

4.11.5 Curvas de transición

Una curva de transición es un tramo de vía que conecta de forma suave y gradual una recta con una curva circular. Según el MTOP (2003):

Son las curvas que unen al tramo de tangente con la curva circular en forma gradual, tanto para el desarrollo del peralte como para el del sobreebanco. La característica principal es que, a lo largo de la curva de transición, se efectúa de manera continua, el cambio en el valor del radio de curvatura, desde infinito en la tangente hasta llegar al radio de la curva circular. (p.41)

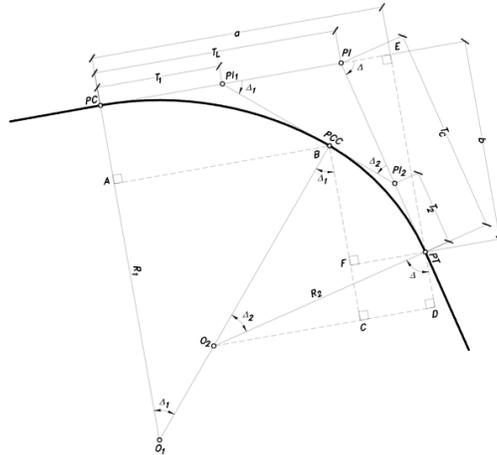
Las curvas de transición desempeñan un papel fundamental en la seguridad vial al permitir el cambio de la dirección del vehículo sin movimientos abruptos. Al eliminar los ajustes bruscos, se reduce significativamente el riesgo de accidentes y se garantiza una conducción más segura y confortable para todos los usuarios de la vía.

4.11.6 Curvas circulares compuestas

Las curvas circulares compuestas son una herramienta de diseño vial que permite adaptar la carretera a terrenos irregulares y a condiciones de diseño específicas. Al combinar varias curvas circulares simples, se logra una mayor flexibilidad en el trazado de la carretera, optimizando su construcción y mejorando su integración con el entorno (Cárdenas, 2013).

Figura 6

Curva circular compuesta de dos radios



Fuente: Tomado de MTOP (2003)

Donde:

PI = Punto de intersección de las tangentes

PC = Principio de la curva compuesta

PT = Fin de la curva compuesta – principio de la tangente

PCC = Punto común de curvas

R1 = Radio de la curva de menor curvatura o mayor radio

R2 = Radio de la curva de mayor curvatura o menor radio

O1 = Centro de la curva de mayor radio

O2 = Centro de la curva de menor radio

Δ = Ángulo de deflexión principal

Δ_1 = Ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio

Δ_2 = Ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio

T1 = Tangente de la curva de mayor radio

T2 = Tangente de la curva de menor radio

TL = Tangente larga de la curva circular compuesta

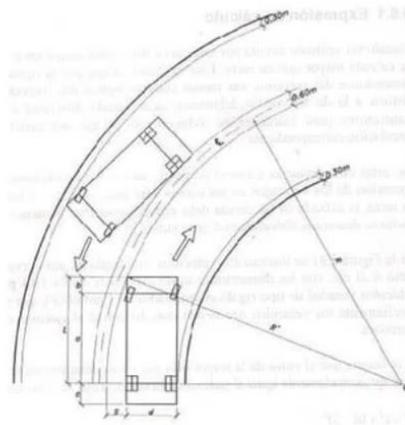
Tc = Tangente corta de la curva circular compuesta.

4.11.7 Sobreancho

De acuerdo con la MTOP (2003), el sobreancho en las curvas se construye para posibilitar la movilización segura y cómoda de vehículos grandes o pesados. Al tomar una curva, existe diferencia en los ángulos de giro entre las ruedas delanteras y traseras, debido a la geometría del vehículo, ya que sus ruedas traseras recorren un mayor espacio y trayectoria que las delanteras lo que provoca una mayor ocupación de la vía, especialmente en aquellas con radio de curvatura reducido.

Figura 7

Sobreancho de un carril de tránsito en una curva



Fuente: Tomado de MTOP (2003).

Donde:

R = Radio de la curva circular, m.

A = Ancho del vehículo, m.

S = Sobreancho, m.

V = Velocidad de diseño, km/h

n = número de carriles

L = longitud entre la parte frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, m.

Para calcular el sobreancho se emplea la siguiente fórmula:

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (25)$$

4.12 Visibilidad en vías

La distancia de visibilidad es un concepto fundamental, referido a la longitud de tramo de carretera que un conductor puede visualizar sin obstáculos en su línea de visión. Este parámetro influye directamente en la seguridad vial y condiciona el diseño geométrico de las vías (MTO, 2003).

4.12.1 Distancia de visibilidad de parada

La capacidad de ver con claridad en las curvas es transcendental para evitar accidentes. La distancia de parada, que es la distancia total que recorre un vehículo desde que el conductor detecta un obstáculo hasta que se detiene, debe ser suficiente en cualquier punto de la carretera.

La distancia de parada (d) de un vehículo es un parámetro fundamental en el diseño geométrico de las carreteras. Este valor, que representa la longitud mínima necesaria para detener un vehículo ante un obstáculo imprevisto, se obtiene sumando la distancia de reacción y la distancia de frenado. La primera depende del tiempo que tarda el conductor en percibir el peligro y accionar los frenos, mientras que la segunda está influenciada por factores como la velocidad del vehículo, el estado de la vía y las características del sistema de frenado.

En la siguiente tabla se pueden observar los valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo.

Tabla 6

Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para parada de un vehículo

**VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MINIMAS
PARA PARADA DE UN VEHICULO (Metros)**

Criterio de Diseño: pavimentos Mojados							
Clase de carretera	TPDA	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
R - I	>8000	220	180	135	180	135	110
I	3000 a 8000	180	160	110	160	110	70
II	1000 a 3000	160	135	90	135	110	55
III	300 a 1000	135	110	70	110	70	40
IV	100 a 300	110	70	55	70	35	25
V	Menos de 70	70	55	40	55	35	25

Nota: Tomado de MTOP (2003).

Línea de Visibilidad Vertical: La distancia de visibilidad de parada se determina considerando un obstáculo a ras de la calzada, asegurando así que el conductor tenga una línea de visión despejada a lo largo de todo el tramo. “Por razones de economía reflejada en el acortamiento de curvas verticales, se recomienda adoptar una altura del objeto u obstáculo igual a 15 centímetros para la medida de esta distancia de visibilidad, como en el caso de las curvas verticales convexas” (MTOP, 2003, p. 191).

Línea de Visibilidad Horizontal: “La distancia de visibilidad para parada se mide desde una altura de 1,15 metros para el ojo del conductor, hasta una altura de 15 centímetros para el objeto sobre la calzada” (MTOP, 2003, p. 191).

4.12.2 Distancia de visibilidad de rebasamiento

“La distancia de visibilidad necesaria para adelantar a otro vehículo se determina considerando la longitud de carretera requerida para completar esta maniobra de manera segura” (MTOP, 2003, p. 192).

La distancia de rebasamiento se obtiene a través de la adición de cuatro distancias elementales:

d1: “distancia recorrida por el vehículo rebasante en el tiempo de percepción/reacción y durante la aceleración inicial hasta alcanzar el carril izquierdo de la carretera” (MTOP, 2003, p. 193).

d2: “distancia recorrida por el vehículo rebasante durante el tiempo que ocupa el carril izquierdo” (MTOP, 2003, p. 193).

d3: “distancia entre el vehículo rebasante y el vehículo que viene en sentido opuesto, al final de la maniobra. Asumir de 30 m a 90 m” (MTOP, 2003, p. 193).

d4: “distancia recorrida por el vehículo que viene en sentido opuesto durante dos tercios del tiempo empleado por el vehículo rebasante, mientras usa el carril izquierdo; es decir, $2/3$ de d_2 ” (MTOP, 2003, p. 193).

A continuación, se pueden observar los valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento de un vehículo.

Tabla 7

Valores de diseño de las distancias de visibilidad mínimas para el rebasamiento de un vehículo

VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MÍNIMAS PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO (Metros)							
Clase de carretera	TPDA	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
R - I o R - II	>8000	830	830	640	830	640	565
I	3000 a 8000	830	690	565	690	565	415
II	1000 a 3000	690	640	490	640	565	345
III	300 a 1000	640	585	415	565	415	270
IV	100 a 300	480	290	210	290	150	110
V	Menos de 70	290	210	150	210	150	110

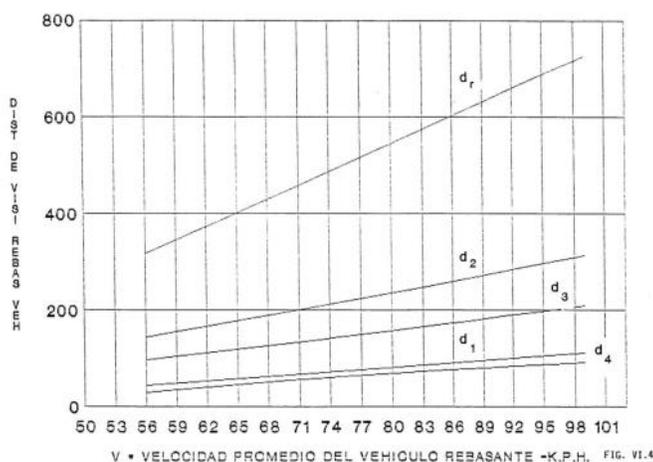
Nota: Tomado de MTOP (2003).

4.12.3 Medida de la Distancia de Visibilidad para Rebasamiento

La distancia de visibilidad para rebasamiento se determina considerando un objeto de referencia con una altura de 1.35 metros sobre la calzada y una altura del punto de vista del conductor de 1.15 metros (MTOP, 2003).

Figura 8

Valores de las ordenadas medias (m) desde la línea de visibilidad hasta el eje del carril interno



Fuente: Tomado de MTOP (2003).

4.13 Alineamiento Vertical

El perfil vertical de una carretera posee la misma importancia como el alineamiento horizontal, está directamente relacionado con la velocidad de diseño, curvas horizontales y la distancia de visibilidad. En ninguna circunstancia se debe comprometer el perfil vertical con el objetivo de lograr una buena alineación horizontal. El alineamiento vertical completa al alineamiento horizontal para formar un diseño tridimensional de la carretera (MTOP, 2003).

4.13.1 Gradientes

Las pendientes para usarse están estrechamente relacionadas con la topografía del terreno, y deben optar por valores bajos, con el fin de permitir valores velocidad razonables, y

con ellos facilitan la circulación vehicular. Las velocidades de diseño dependen del volumen del tráfico y de las características del terreno.

Tabla 8

Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas (porcentaje)

CLASE DE CARRETERA					VALOR			VALOR		
					Recomendable			Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R - I	o R - II	>	8000	TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3000	a	8000	TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1000	a	3000	TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300	a	1000	TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100	a	300	TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos	de	100	TPDA	5	6	8	6	8	14

Nota: Tomado de MTOP (2003).

Para el MTOP la Gradiente y longitud máxima, pueden adaptarse a los siguientes valores:

Para gradientes del 8 al 10%, la longitud máxima será de 1000 m.

Para gradientes del 10 al 12%, la longitud máxima será de 500 m.

Para gradientes del 12 al 14%, la longitud máxima será de 250 m.

4.13.1.1 Gradientes mínimas

La pendiente mínima suele ser 0.5%, también se puede optar por una pendiente de 0% en el caso de rellenos de 1m de altura y cuando el pavimento cuenta con una pendiente transversal apropiada para el correcto drenaje de las aguas lluvia (MTOP, 2003).

4.13.2 Curvas Verticales

En el diseño del perfil de una carretera, la curva vertical más utilizada es la parábola simple, que se asemeja a una curva circular. Dado que las longitudes de una carretera son medidas en un plano horizontal y las pendientes suelen ser poco pronunciadas, el uso de una

parábola simple con su eje vertical centrado en el PIV prácticamente no genera errores (MTOP, 2003).

4.13.2.1 Curvas Verticales Convexas

La longitud mínima de las curvas verticales se define según los requisitos de la distancia de visibilidad necesaria para detener un vehículo, tomando en cuenta una altura de 1.15 metros para el ojo del conductor y de 0.15 metros para el objeto visible sobre la carretera Haga clic o pulse aquí para escribir texto..

Tabla 9

Curvas verticales convexas mínimas

Velocidad de diseño	Distancia de visibilidad para parada "s"	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
Kph	Metros		
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.1	7
60	70	11.5	12
70	90	19.01	19
80	110	28.4	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Nota: Datos tomados de MTOP (2003).

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales convexas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0.6V \quad (26)$$

Donde:

V: Velocidad de diseño, km/h

4.13.2.2 Curvas Verticales Cóncavas

Se recomienda que las curvas verticales cóncavas tengan una longitud adecuada, de tal forma que la distancia cubierta por los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad requerida para que el vehículo pueda detenerse a tiempo (MTOP, 2003).

La longitud mínima absoluta de las curvas verticales cóncavas, expresada en metros, se indica por la siguiente fórmula:

$$L_{min} = 0.6V \quad (27)$$

Donde:

V: Velocidad de diseño, km/h

Tabla 10

Curvas verticales cóncavas mínimas

Velocidad de diseño	Distancia de visibilidad para parada "s"	Coeficiente $K=S^2/122+3.5S$	
		Calculado	Redondeado
Kph	metros		
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Nota: Datos tomados de MTOP (2003).

4.13.2.3 Cálculo de curvas verticales

De acuerdo con la MTOP (2003), las curvas verticales se obtienen mediante las siguientes fórmulas:

Diferencia de gradientes

$$A = Pm - Pn \quad (28)$$

Longitud mínima de curva vertical

$$L = k \times A \quad (29)$$

Corrección de pendiente

$$y = \frac{A}{2 \times L} \quad (30)$$

Externa vertical

$$E = \frac{L \times A}{8} \quad (31)$$

4.13.2.4 Sección transversal

La selección de la sección transversal de una carretera es un proceso complejo que implica considerar diversos factores. Según el MTOP (2003) el volumen de tráfico, las características del terreno y la velocidad de diseño son elementos clave en esta decisión. Además, es fundamental garantizar la seguridad de los usuarios de la vía, diseñando los elementos geométricos de acuerdo con las normas establecidas.

4.14 Diseño de pavimento flexible

4.14.1 Diseño de pavimento por el método AASHTO 93

El diseño de pavimentos es un proceso complejo que requiere de herramientas y metodologías especializadas. El método AASHTO (1993) permite determinar el espesor

adecuado de las diferentes capas de un pavimento (base, subbase y carpeta asfáltica) para garantizar una vida útil determinada y satisfacer los requerimientos de tráfico. La base del diseño se sustenta en una exhaustiva recopilación de datos del terreno y la evaluación de la resistencia del suelo a las cargas. Posteriormente, mediante modelos de análisis estructural, se determina el espesor de cada capa. De esta manera, se asegura el cumplimiento de los requisitos de diseño y se garantiza una vida útil prolongada del pavimento, sujeta a un programa de mantenimiento preventivo.

4.14.2 Confiabilidad (R)

Al diseñar una estructura, es inevitable afrontarse a cierta incertidumbre en la estimación de las cargas y las propiedades de los materiales. Para garantizar la seguridad y durabilidad de la estructura, se introduce un factor de seguridad en los cálculos. Según Rondón & Reyes (2015): Para entender este parámetro hay que señalar que la confiabilidad es contraria a la probabilidad de falla. Así, si R tiende a un valor de 100%, significa que el diseñador está introduciendo una probabilidad de falla tendiente a 0% al diseño, y en este punto el espesor de las capas del pavimento alcanzará su mayor valor debido a que el factor de seguridad es el más alto posible. (p. 545)

La siguiente tabla presenta los valores de R recomendados por el método de diseño.

Tabla 11

Valores de R recomendados

Tipo de Carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas y carreteras importantes	85 - 99.9	80 - 99
Arterias principals	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

4.14.3 Desviación estándar Z_r

La desviación estándar Z_r se relaciona directamente con el nivel de confiabilidad que se desea alcanzar en el diseño. A mayor valor de Z_r , mayor será el nivel de confiabilidad y, por lo tanto, mayor será el espesor de las capas del pavimento.

Tabla 12

Nivel desviación normal estándar (Z_r)

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar Z_r
50	0
60	0.253
75	0.674
80	0.841
85	1.037
90	1.282
91	1.34
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	3.09
99.99	3.75

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

Tabla 13

Algunos valores de fractil de la ley normal centrada, Z_r .

R (%)	Zr
50	0.000
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
92	-1.405
94	-1.555
95	-1.645
98	-2.054
99.99	-3.75

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

4.14.4 Desviación estándar normal S_o

Es un valor que representa la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de otros factores que influyen en el comportamiento del pavimento. El método AASHTO (1993) recomienda usar los valores de la tabla, pero estos valores pueden ser ajustados en función de la experiencia para uso local.

Tabla 14

Error normal combinado, S_o

Proyecto de pavimento	S_o	
	Flexible 0.40 - 0.50	Rígido 0.30 - 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.50	0.40

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

4.14.5 Índice de serviciabilidad

El índice de serviciabilidad es una herramienta fundamental en la gestión de activos viales. Este índice permite evaluar de manera objetiva el estado de un pavimento y tomar decisiones sobre las acciones de mantenimiento necesarias para garantizar la seguridad y el confort de los usuarios. El PSI es una variable que cuantifica el estado de servicio de un

pavimento, asignándole un valor numérico entre 0 y 5, donde 0 representa la pérdida total de funcionalidad y 5 una condición óptima o en excelentes condiciones (Cedeño, 2014).

Tabla 15

Índices de serviciabilidad (P_o)

Tipo de pavimento	Serviciabilidad inicial, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

Tabla 16

Índices de serviciabilidad (P_f)

Tipos de vía	Serviciabilidad final, P_f
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

$$\Delta PSI = P_o - P_f \quad (32)$$

4.14.6 Condiciones ambientales y obras de drenaje

La selección del coeficiente de drenaje (m_i) para las bases y subbases se basa en un análisis de las características del material, la calidad del drenaje y la frecuencia con la que estas capas se encuentran expuestas a condiciones de humedad cercanas a la saturación. Este coeficiente es fundamental para garantizar la durabilidad y el desempeño adecuado de la estructura del pavimento (Rondón & Reyes, 2015).

El coeficiente de drenaje m_1 (capa asfáltica) se considera igual a 1.0. De la misma forma, para una estructura semirrígida, el m_2 (base estabilizada con cementante hidráulico) se considera

con una magnitud igual a 1.0 o superior ya que se supone la capa estabilizada como impermeable.

Tabla 17

Calidad del drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy malo	El agua no evacúa

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

Tabla 18

Valores de m, recomendados para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares.

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 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 malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

4.14.7 Mejoramiento de la Subrasante

La norma MOP-001-F (2002) establece que las subrasantes deben poseer un CBR mínimo del 6% para asegurar una adecuada capacidad portante. Por lo tanto, en aquellos casos donde el CBR natural del suelo sea inferior a este valor, se recomienda realizar un reemplazo del material de la subrasante por uno que cumpla con los requisitos normativos.

$$D_4 = \frac{SN - SN_0}{a_4 \times m_4} \quad (33)$$

Donde:

SN = Valor del número estructural supuesto (para una subrasante con CBR de 6%).

Son = Valor del número estructural real (para la subrasante actual).

a_4 = Coeficiente estructural de la capa de la subrasante mejorada, recomendado un valor de 0.061.

m_4 = Coeficiente de drenaje de la capa 4 (coeficiente de drenaje de las capas 2 y 3).

4.14.8 Módulo resiliente de la subrasante Mr

El diseño de pavimentos flexibles requiere una comprensión profunda del comportamiento de los materiales del suelo bajo cargas repetitivas. El módulo resiliente, que cuantifica esta propiedad, es un parámetro fundamental en la metodología AASHTO (1993). Al modelar la interacción entre el pavimento y la subrasante, este método permite diseñar estructuras viales más duraderas y eficientes.

En muchas ocasiones no se cuentan con los equipos necesarios, para determinar valores de módulos resilientes, para tal caso es necesario relacionarlos, con otras características propias de los materiales del suelo como es el CBR.

Una vez que se conocen las propiedades de la subrasante, así como el CBR, se podrá determinar el módulo resiliente tomando en cuenta lo siguiente:

Tabla 19

Módulo resiliente de la subrasante

MR =	CBR
1500*CBR	Igual o menor 7.2%
3000*(CBR) ^{0.65}	7.2% < CBR < 20%
4326*Ln (CBR) + 241	Mayores a 20%

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

4.14.9 Determinación de números estructurales

4.14.9.1 Coeficiente estructural para mezcla requerida

Tabla 20

Valores máximos recomendados de módulo resiliente (E) para capas de rodadura, base asfáltica y mezclas de alto módulo

CAPA	T [°C]	f (Hz)	V [km/h]	E [MPa]
Rodadura	10	2.5	15-25	7000
		5	35-45	8500
		10	70-80	9500
	15	2.5	15-25	5000
		5	35-45	6000
		10	70-80	7200
	20	2.5	15-25	3000
		5	35-45	4000
		10	70-80	5000
	25	2.5	15-25	2200
		5	35-45	2700
		10	70-80	3500
	30	2.5	15-25	1200
		5	35-45	1600
		10	70-80	2000

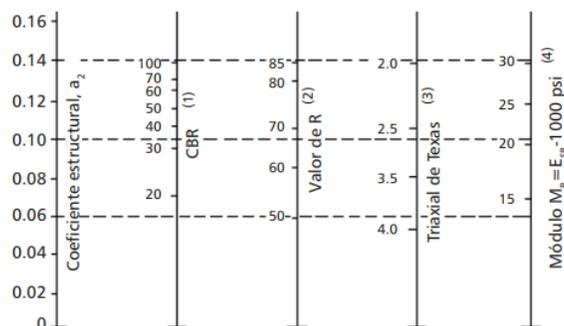
Fuente: Tomado de Rondón & Reyes (2015).

4.14.9.2 Coeficiente estructural para base granular no tratada

En la siguiente figura se muestra el ábaco para calcular el coeficiente estructural a_2 para la base granular.

Figura 9

Coeficiente estructural a_2 para la base granular



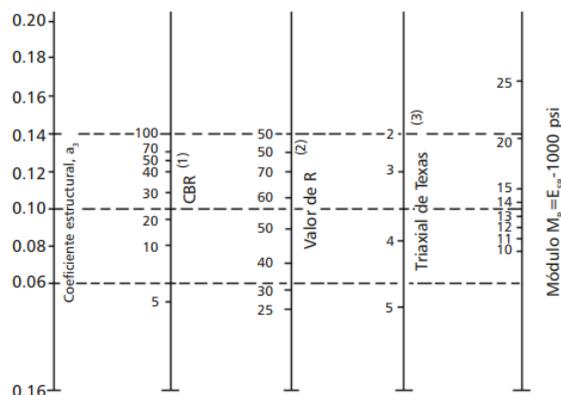
Fuente: Tomado de AASHTO (1993).

4.14.9.3 Coeficiente estructural para subbase granular no tratada

La siguiente figura muestra el ábaco para calcular el coeficiente estructural a_3 para la subbase granular:

Figura 10

Coeficiente estructural a_3 para la subbase granular



Fuente: Tomado de AASHTO (1993).

$$a_1 = 0.184 \times \ln(E_1) - 1.9547 \quad (34)$$

$$a_2 = 0.249 \times \log(E_2) - 0.977 \quad (35)$$

$$a_3 = 0.227 \times \log(E_3) - 0.839 \quad (36)$$

E_1 , E_2 y E_3 son los módulos resilientes en psi de la mezcla de concreto asfáltico que conforma la capa asfáltica, la base granular y la subbase granular no tratada, respectivamente.

4.14.10 Capas

Base: La capa base, ubicada inmediatamente debajo de la capa asfáltica, cumple la función fundamental de soportar las cargas generadas por el tránsito vehicular y distribuir las de manera uniforme hacia las capas inferiores del pavimento, como la subbase y la subrasante.

Si la subrasante presenta las características mecánicas adecuadas, es posible colocar la base granular directamente sobre ella, simplificando así la estructura del pavimento. Adicionalmente, contribuye al drenaje y facilita los procesos constructivos. En un pavimento de tipo flexible el espesor de esta capa oscila entre 10 y 30 cm (Rondón & Reyes, 2015).

Subbase: Es la capa inferior de la estructura del pavimento, generalmente el material se coloca sobre la subrasante, la subrasante mejorada o el terraplén. La subbase, al igual que la base, distribuye las cargas del tráfico hacia la subrasante, además contribuye a un adecuado drenaje y facilitan los procesos constructivos. En un pavimento de tipo flexible el espesor de esta capa oscila entre 10 y 50 cm (Rondón & Reyes, 2015).

Subrasante mejorada: Esta capa, situada por debajo de la subbase, tiene como objetivo principal mejorar las características mecánicas de la subrasante, especialmente cuando esta presenta baja rigidez o es susceptible a deformaciones por cambios en el contenido de humedad. De esta manera, se complementa la función de las capas superiores en la distribución de cargas y en la estabilidad del pavimento (Rondón & Reyes, 2015).

Subrasante: Es la capa de suelo sobre la cual se construye el pavimento y que, por lo tanto, soporta directamente las cargas generadas por el tránsito. La calidad y las características de la subrasante son elementos principales en el diseño y construcción de un pavimento, ya que influyen directamente en su estabilidad y desempeño (Rondón & Reyes, 2015).

4.14.11 Espesores de las capas

Los espesores de cada una de las capas (h_i , en pulgadas) que componen la estructura del pavimento flexible se determinan a través de las siguientes ecuaciones:

$$h_1 = \frac{SN_1}{a_1} \quad (37)$$

$$h_2 = \frac{SN_2 - SN_1 *}{a_1 \times m_2} \quad (38)$$

$$h_3 = \frac{SN_3 - SN_2 *}{a_3 \times m_3} \quad (39)$$

Donde:

$i = 1$ corresponde a la capa de concreto asfáltico.

$i = 2$, a la capa granular no tratada de base si es estructura flexible o para una base estabilizada con cementante hidráulico si es una estructura semirrígida.

$i = 3$, a la capa granular no tratada de subbase.

Los SN_i son números estructurales de capa. Para obtener los SN_1 , SN_2 y SN_3 se introducen en la ecuación, el Mr de la base, subbase y subrasante respectivamente.

Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_o + 9.26 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)} \right] + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07 \quad (40)$$

Donde:

W_{18} = es el número de ejes equivalentes en el período de diseño

Z_r = desviación normal estándar

S_o = desviación estándar

ΔPSI = diferencia de serviciabilidad

Mr = módulo resiliente (psi)

SN = número estructural

Para el caso de estructuras de pavimentos flexibles, al obtener los h_i , se deben tener en cuenta los espesores mínimos que debe presentar cada capa que compone el pavimento.

Tabla 21

Espesores mínimos de las capas en pulgadas

W ₁₈ (10 ⁶)	Espesores mínimos en pulgadas	
	Capa asfáltica	Base granular
< 0.05	TSD	4.0
0.05 - 0.15	2.0	4.0
0.15 - 0.50	2.5	4.0
0.50 - 2.00	3.0	6.0
2.00 - 7.00	3.5	6.0
> 7.00	4.0	6.0

Nota: Tomado de AASHTO (1993).

4.15 Obras de drenaje

4.15.1 Drenaje superficial

También llamado drenaje longitudinal, es un tipo de zanja dispuesta de manera longitudinal dentro de los más comunes están cunetas, contracunetas, bombeo y zampeo, son empleados para interceptar y conducir el agua proveniente de taludes y del flujo local, evitando que el agua se acumule en el pavimento y de esa forma asegurando la estabilidad y durabilidad de la vía (Montejo, 2002).

4.15.2 Cunetas

Las cunetas son conocidos como canales abiertos ubicado en los lados de la vía, tienen la función de recoger las aguas de escorrentía que provienen de la calzada y de captar el agua que desciende de los taludes, de esta forma se previene la acumulación de agua. La sección transversal es determinada a través del diseño, comúnmente se utiliza la sección triangular, debido a que es más factible para realizar la limpieza (Pérez, 2013).

4.15.2.1 Sección transversal

Según la forma de la sección transversal, las cunetas se clasifican en triangulares, rectangulares y trapezoidales. La sección triangular es la más utilizada, debido a su fácil construcción y mantenimiento, aunque las secciones rectangulares o trapezoidales también se adoptan en función de los requeridos hidráulicos (INVIAS, 2009).

4.15.2.2 Dimensionamiento de cunetas

Para dimensionar las cunetas contamos con los siguientes datos:

Tabla 22

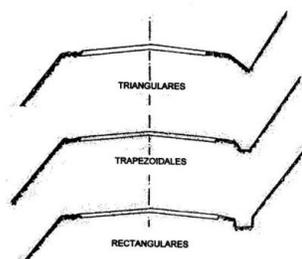
Dimensionamiento de cunetas

Región	Profundidad (d) m	Ancho (a) m
Seca	0.2	0.4
Lluviosa	0.3	0.6
Muy Lluviosa	0.3	1.2

Nota: Tomado de MTOP (2003).

Figura 11

Secciones típicas de cunetas



Nota: Normas de diseño geométrico, pg. 256

4.15.3 Parámetros de diseño de cuneta

4.15.3.1 Período de retorno

Según INVIAS (2009), los siguientes periodos de retorno se toma como referencia para obras de drenaje vial.

Tabla 23

Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

Tipo de obra	Periodo de retorno (años)
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20

Nota: Tomado del manual de drenaje para carreteras de INVIA – Colombia (2009).

4.15.3.2 Localización, pendiente y velocidad

Las cunetas se ubican entre la calzada y el borde del talud, la pendiente tiene un valor mínimo de 0.50% similar a la pendiente de un perfil longitudinal. El valor máximo de la pendiente dependerá de la velocidad del agua. La velocidad del agua que genera erosión varía dependiendo del tipo de material, sin embargo, en la práctica, dicha velocidad del agua se reduce a un máximo de 3 m/s cuando están revestidas con zampeado y a 4 m/s cuando su revestimiento es de hormigón (MTO, 2003).

Tabla 24

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

Nota: Tomado de MTO (2003).

4.15.3.3 Sección triangular

Según la NEVI la cuneta de sección triangular es la más usada, para definir la geometría de la sección se usará las siguientes fórmulas.

Área (A)

$$\frac{(z_a + z_b) h^2}{2} \quad (41)$$

Perímetro mojado (P)

$$\left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2} \right) h \quad (42)$$

Caudal (Q)

$$\frac{1}{n} \times \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{\frac{1}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad (43)$$

Ancho superficial (I)

$$(Z_a + Z_b) \times h \quad (44)$$

4.15.3.4 Caudal

Para calcular el caudal se utiliza el método racional, para cuencas que no superan los 25 km². El caudal generado por una tormenta es proporcional a la cantidad de lluvia caída. Esta consideración se cumple en cuencas impermeables, o cuando la intensidad de la lluvia aumenta, lo que lleva a que la superficie se sature (NEVI-12-MTOP, 2013).

$$Q = \frac{C * i * A}{3,60} \quad (45)$$

Donde:

Q = caudal expresado en m³/s

C = coeficiente de escorrentía, adimensional.

I = intensidad de lluvia, expresado en mm/h

A = área de aporte de km²

4.15.3.5 Coeficiente de escorrentía

“El coeficiente de escorrentía (C) representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo. Su valor depende de las características concretas del terreno que determinan la infiltración del agua en el suelo” Ibáñez et al. (s. f.)

Tabla 25

Coeficiente de escorrentía (C)

Tipo de área de drenada	Coeficiente de escorrentía C	
Pavimentos de adoquín	0.5	0.7
Pavimentos asfálticos	0.7	0.95
Pavimentos de hormigón	0.8	0.95

Nota: Tomado de la NEVI (2013).

4.15.3.6 Tiempo de concentración

El tiempo concentración es el periodo de tiempo que tarda en llegar el agua lluvia hasta el punto de salida o drenaje, desde el punto más lejano de la cuenca. Para el cálculo se utiliza las siguientes ecuaciones (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2009).

Ecuación de Kirpich

$$T_c = \frac{0.000325 L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (46)$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración, h.

L = longitud del cauce principal, km.

S = pendiente entre las elevaciones máxima y mínima, m/m.

4.15.3.7 Intensidad de la lluvia

La intensidad de la lluvia es un indicativo de la cantidad de precipitación que cae en un intervalo de tiempo. Se expresa en milímetros (mm). Su importancia radica en que es esencial para el cálculo de caudales en lo que se refiere a sistemas de drenaje. Los datos de precipitación se tienen de los anuarios meteorológicos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, INAMHI (Pérez, 2013).

4.15.3.8 Precipitaciones

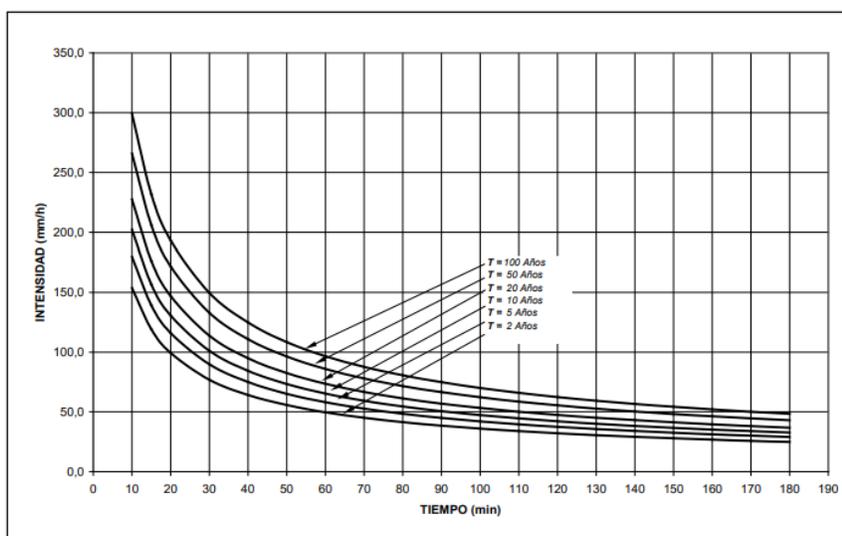
Para Pérez (2013) “las precipitaciones son causadas por fenómenos atmosféricos. Se mide por la altura en milímetros de agua caída durante una lluvia, durante un período de tiempo determinado o bien por la intensidad en milímetros por hora durante un aguacero” (p. 7).

4.15.3.9 Curvas de intensidad, duración y frecuencia

Las curvas IDF se representan gráficamente mostrando la intensidad de la lluvia contra la duración y el periodo de retorno. Se construyen a partir de los datos históricos de precipitaciones de las estaciones meteorológicas (INVIAS, 2009).

Figura 12

Curvas típicas de intensidad – duración – frecuencia – IDF



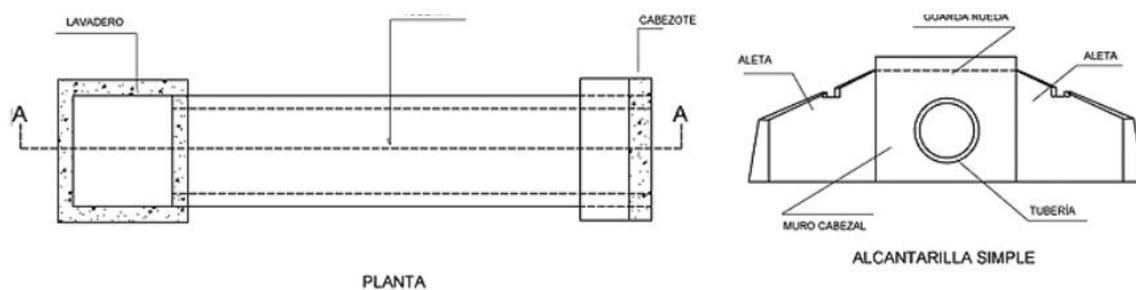
Fuente: Tomado de INVIAS (2009).

4.15.4 Alcantarillas

Las alcantarillas tienen la función de drenar las corrientes de agua, ya sean temporales o permanentes, por lo general provienen de cunetas que han recolectado dicha agua. Estas estructuras permiten que el fluya el caudal máximo de agua sin sobrepasar su límite (Pérez, 2013).

Figura 13

Componentes de una alcantarilla



4.15.4.1 Alcantarilla Tipo Cajón

Se definen como estructuras de hormigón armado de sección cuadrada, sirven para conducir el agua manera subterránea, ya sean aguas lluvia o residuales. Poseen varias ventajas

para su uso, entre ellas tenemos que son de alta resistencia, poseen una mayor capacidad de caudal, tiene alta capacidad de carga de alto tonelaje, también permite el paso de vehículos sin necesidad de terraplén (AASHTO, 1993).

4.16 Señalización

“Símbolo, palabra o demarcación, horizontal o vertical, sobre la vía, para guiar el tránsito de vehículos y peatones” (MOP-001-F, 2002, p. 5).

Las señales viales son fundamentales en la infraestructura vial, para asegurar la circulación de vehículos y peatones. Estos elementos esenciales emplean un lenguaje visual, que está compuesto por formas, colores y textos para comunicar información de manera clara y concisa (MOP-001-F, 2002).

4.16.1 Señalización Horizontal

La señalización horizontal, está representada por marcas viales, estas pueden ser líneas, flechas, símbolos y letras, las mismas se pintan en el pavimento, bordillos y estructuras de las vías de circulación. También son los objetos que se colocan en el pavimento con la finalidad de regular el tráfico (Ministerio de Transporte, 2004).

“Las señales horizontales deben cumplir con las siguientes condiciones: ser visible y llamar la atención, ser legible y fácil de entender y debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente” (INEN 004-2, 2011, p. 4).

La señalización horizontal debe contener los siguientes valores de espesor.

- Mínimo Zona Urbana 300 (micras) en seco
- Mínimo Zona Rural 250 (micras) en seco

4.16.1.1 Ubicación

Las señales deben ser ubicadas de tal forma que puedan captar la atención de los usuarios de la vía, de esa forma dando la oportunidad a los conductores de maniobrar el vehículo de manera segura y eficaz (INEN 004-2, 2011).

4.16.1.2 Clasificación según su forma

4.16.1.2.1 Líneas longitudinales

Las líneas longitudinales son empleadas para delimitar los carriles, también para indicar zonas con o sin prohibición de rebasar. Los colores en las señales longitudinales tienen la siguiente función (INEN 004-2, 2011).

Líneas amarillas: Separación de tráfico, restricciones y borde izquierdo de la vía (INEN 004-2, 2011).

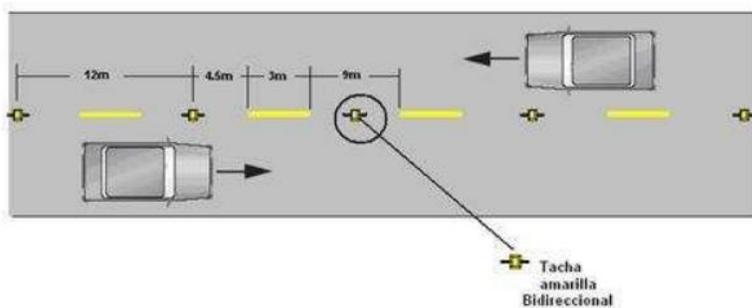
Líneas blancas: Separación de flujos de tráfico en la misma dirección, borde derecho de vía, zonas de estacionamiento y proximidad a un paso cebra (INEN 004-2, 2011).

Línea azul: Zonas tarifadas de estacionamiento con límite de tiempo (INEN 004-2, 2011).

Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta: Estas líneas son de color amarillo, son empleadas donde las condiciones viales permitan rebasamiento (INEN 004-2, 2011).

Figura 14

Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta



Fuente: Tomado de INEN 004-2 (2011).

Tabla 26

Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada

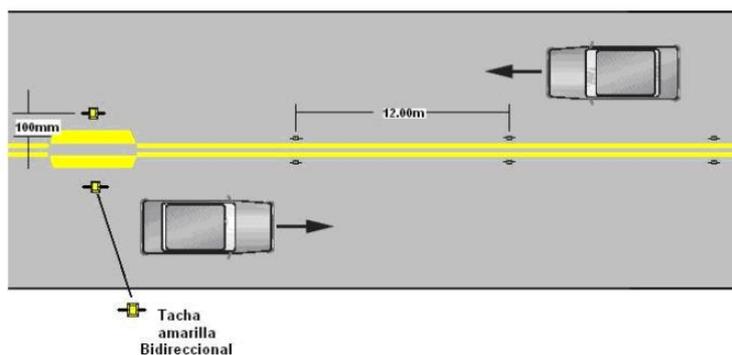
Velocidad máxima de la vía (km/h)	Ancho de la línea en (mm)	Patrón (m)	Relación señalización brecha
Menor o igual a 50	100	12.00	3 - 9
Mayor a 50	150	12.00	3 - 9

Nota: Tomado de INEN 004-2 (2001).

Doble línea continua: Estas líneas son de color amarillo, representan la separación de carriles de circulación. Son líneas paralelas de un ancho de 100 a 150 mm (INEN 004-2, 2011).

Figura 15

Doble línea continua

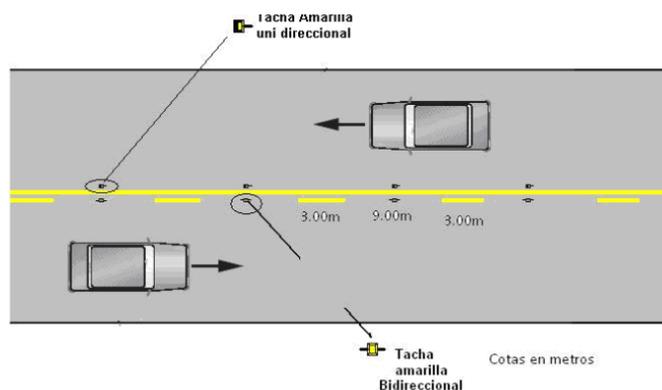


Fuente: Tomado de INEN 004-2 (2011).

Doble línea mixta: son de color amarillo, son dos líneas paralelas, una continua y otra segmentada, su ancho mínimo es de 100 mm cada una, tienen una separación de 100 mm. Los vehículos siempre que exista seguridad pueden cruzar desde la línea segmentada para realizar rebasamientos, es prohibido cruzar desde la línea continua para rebasar (INEN 004-2, 2011).

Figura 16

Doble línea mixta: continua y segmentada



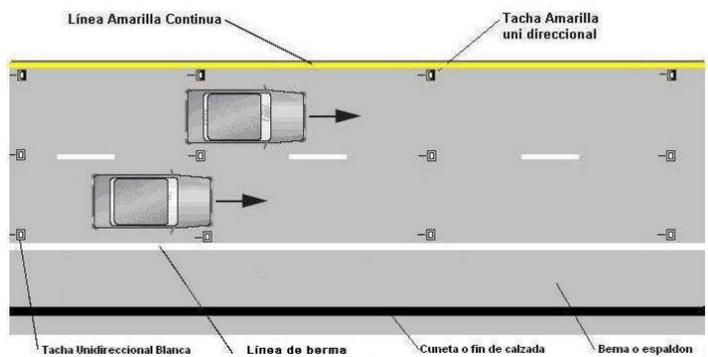
Fuente: Tomado de INEN 004-2 (2011).

4.16.1.2.2 Líneas transversales

Líneas de borde de calzada continuas: Estas líneas son usadas para diferenciar el borde de la calzada, en vías urbanas su ancho es de 100 mm, en autopistas y carreteras su ancho es de 150 mm (INEN 004-2, 2011).

Figura 17

Líneas continuas de borde, con espaldón o berma



Fuente: Tomado de INEN 004-2 (2011).

4.16.2 Señalización Vertical

4.16.2.1 Normativa de color

Los colores están estandarizados para las señales, deben cumplir con las especificaciones establecidas en las normas INEN, según se detalla a continuación (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011).

Rojo: Indica restricción o detención. Se emplea como fondo en la señal de alto, en señales que advierten reducción de velocidad, peligro, o la proximidad de un cruce ferroviario. Asimismo, se utiliza como texto en señales que prohíben estacionar y como borde en indicadores de ceda el paso o acceso restringido.

Negro: Se emplea como color para símbolos, textos y flechas en señales con fondo blanco, amarillo, verde limón o naranja, así como en marcas de advertencia de peligro. También se utiliza para los textos en señales de orientación vial.

Amarillo: Es utiliza como fondo en señales de advertencia, señales complementarias que indican velocidad, distancia, y como texto en señales de riesgo.

Naranja: Se emplea como color de fondo en señales de trabajos temporales en las carreteras y en banderolas que se ubican en las áreas de cruce escolar.

Verde: Es indicativo de paso permitido, también en peajes, control de peso, y como texto en flechas para señal que aparcamiento no tarifado.

Azul: Empleado como señal regulatoria en las paradas de buses. Usado como fondo en señales informativas, también texto en señales de estacionamiento.

Café: Se utiliza de fondo en señales que brindan información turísticas y ambientales.

Verde limón: Se emplea en señales de indicativo de zona escolar (INEN 004-1, 2011).

4.16.2.2 Ubicación

La señalización se ubica en el lado derecho de las carreteras, en algunos casos especiales se pueden duplicar y ser ubicados en la parte izquierda o bien en la vía. Si la ubicación es vulnerable a sufrir impactos es importante utilizar materiales flexibles que cubran y protejan de los impactos. Es importante tener en cuenta que no se coloca más de una señal del mismo tipo, se excepciona en el caso de que una señal sea complementaria a otra (INEN 004-1, 2011).

4.16.2.3 Altura en la zona rural

Las señales deben ser instaladas lejos de la vegetación y que sea de fácil legibilidad en las áreas rurales, la altura a considerar es mínima de 1.50 m desde el suelo hasta el borde inferior del letrero, la distancia en intersecciones deberá ser de 200 m antes de las intersecciones (INEN 004-1, 2011).

4.16.2.4 Señales regulatorias

Las señales regulatorias permiten conocer la prioridad en el uso de las vías, también restricciones y prohibiciones. Son de forma rectangular, el texto o símbolo en su mayoría es de color negro con un fondo blanco.

La dimensión más pequeña se usa cuando el 85 percentil de la velocidad promedio no excede los 50km/h.

4.16.2.4.1 Serie de límites máximos R4.

Límite máximo de velocidad: Se indica la velocidad máxima permitida en un tramo de vía. Para la colocación se requiere un estudio previo de dicho tramo, se considera el tipo de vía, la velocidad de diseño y de operación. Se usa para restituir los límites de velocidad de una vía. Se expresan en múltiplos de 10 (INEN 004-1, 2011).

Figura 18

Límite máximo de velocidad



R4-1

Fuente: Tomado de INEN 004-1 (2011).

Tabla 27

Límite máximo de velocidad

Código N°	Dimensiones (mm)
R4-1 A	600 x 600
R4-1 B	750 x 750
R4-1 C	900 x 900

Nota: Tomado de INEN 004-1 (2011).

4.16.2.5 Señales preventivas

Es un indicativo de peligros que se encuentran más adelante en la vía, se debe tomar precauciones, reducir la velocidad, o realizar otra maniobra. Se instalan a una distancia mínima de 150 m en vías rurales. Deben ser colocadas al lado derecho de la vía (INEN 004-1, 2011).

Tabla 28*Dimensiones de las señales preventivas*

85 percentil Velocidad km/h	Dimensiones (mm) de la señal
Menos de 60	600 x 600
70 – 80	750 x 750
Más de 90	900 x 900

*Nota: Tomado de INEN 004-1 (2011).***4.16.2.5.1 P1 Serie de alineamiento**

Son colocadas en la proximidad a curvas horizontales.

Tabla 29*Guías para el uso de señales en curvas cerradas y abiertas*

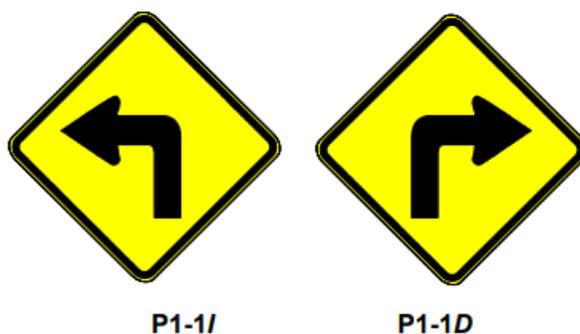
85 percentil Velocidad de aproximación	Deficiencia de velocidad km/h	Tipo de señal	Dimensiones mínimo de señal (mm)
95 y más	10 a 15	curva abierta	750 x 750
80		curva abierta	750 x 750
65		curva abierta	600 x 600
50		curva abierta o cerrada	600 x 600
95 y más	16 a 30	curva abierta	750 x 750
80		curva abierta	750 x 750
65		curva abierta o cerrada	600 x 600
50		curva cerrada	600 x 600
95 y más	31 a 45	curva abierta	900 x 900
80		curva abierta o cerrada	900 x 900
65		curva cerrada	750 x 750

Nota: Tomado de INEN 004-1 (2011).

Curva cerrada izquierda y derecha: estas señales son indicativas de que se aproxima curvas cerradas, son instaladas antes de la curva, el ángulo de viraje es de menor o igual a 90°.

Una señal de límite de velocidad debe ser acompañada por esta señal.

Figura 19*Curva cerrada izquierda y derecha*



Fuente: Tomado de INEN 004-1 (2011).

Tabla 30

Curva cerrada izquierda y derecha

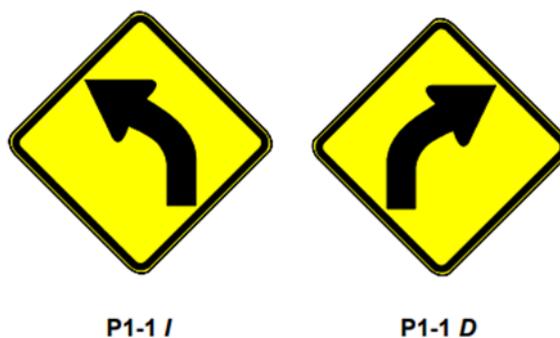
Código N°	Dimensiones (mm)
P1-1A (I ó D)	600 x 600
P1-1B (I ó D)	750 x 750
P1-1C (I ó D)	900 x 900

Nota: Tomado de INEN 004-1 (2011).

Curva abierta izquierda y derecha: estas señales son indicativos de que se aproxima curvas abiertas, son instaladas antes de la curva abierta a la izquierda o derecha (INEN 004-1, 2011).

Figura 20

Curva abierta izquierda y derecha



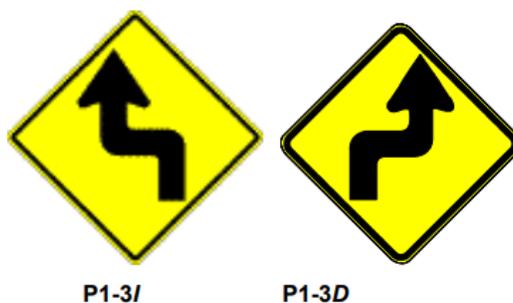
Fuente: Tomado de INEN 004-1 (2011).

Tabla 31*Curva abierta izquierda y derecha*

Código N°	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

Nota: Tomado de INEN 004-1 (2011).

Curva y contra curva cerradas izquierda - derecha: estas señales son indicativas de aproximación a dos curvas contrapuestas, la tangente de separación es menor a 120 m. Deben ser instaladas en las proximidades a las curvas (INEN 004-1, 2011).

Figura 21*Curva y contra curva cerradas izquierda - derecha**Fuente: Tomado de INEN 004-1 (2011).***Tabla 32***Curva y contra curva cerradas izquierda – derecha*

Código N°	Dimensiones (mm)
P1-3A (I ó D)	600 x 600
P1-3B (I ó D)	750 x 750
P1-3C (I ó D)	900 x 900

Nota: Tomado de INEN 004-1 (2011).

CAPÍTULO III

5. Metodología

5.1 Recorrido de campo

Para el desarrollo de este proyecto, en primera instancia se llevó a cabo un recorrido a lo largo de la vía para analizar las condiciones actuales y las deficiencias de la misma, es decir, se realizó una visita a la vía de estudio.

A partir del recorrido, para asegurar la precisión del levantamiento topográfico, se estableció un punto de control en un área despejada, libre de interferencias y obstáculos físicos, con las siguientes coordenadas geodésicas: Norte 9621525.075 m, Este 710813.482 m y una elevación de 2542.841 m.s.n.m. Este punto, libre de vegetación y cables aéreos, fue seleccionado como origen de coordenadas para el equipo RTK (GNSS RTK CHC i50).

5.2 Levantamiento topográfico

Se ejecutó un levantamiento topográfico utilizando el equipo RTK. Los puntos se tomaron cada 5 y 10 metros, a lo largo del eje de la vía, incluyendo los laterales. Asignando Norte, Este, Cota y Código. Estos datos permitirán realizar un análisis preciso del terreno y diseñar una vía que se adapte a las condiciones topográficas existentes.

El levantamiento topográfico se completó en un tiempo de 3 días laborables, debido a la variabilidad del terreno y el clima.

Figura 22

Levantamiento topográfico con RTK



Nota: Elaboración propia

5.3 Transferencia de datos

Una vez finalizado el trabajo de campo, los datos obtenidos con el equipo RTK se transfirieron a una computadora mediante un cable USB, para su posterior procesamiento.

5.4 Procesamiento de datos

La fase de procesamiento de datos implicó la depuración en Excel, seguida de la transferencia de los datos limpios a Civil 3D para realizar el modelado.

5.5 Análisis del flujo vehicular

5.5.1 Conteo vehicular

Para registrar de manera precisa el tráfico vehicular en la vía Cochapata-Morasloma, se implementó un sistema de monitoreo.

Figura 23

Colocación de cámara para monitoreo



Fuente: Elaboración propia

Este sistema utiliza una cámara con conexión inalámbrica y adicional una batería externa por los cortes de estiaje que presentaba el país, ubicada al ingreso de Cochapata, durante un periodo de 7 días, las 24 horas del día, que comprende desde el día 30 de octubre hasta el 5 de noviembre del 2024. Las grabaciones fueron analizadas utilizando un libro de Excel con el respectivo formato para clasificar los vehículos según sus características.

Tabla 33

Resumen del conteo vehicular

DÍA	TIPO DE VEHÍCULOS				TOTAL
	LIVIANOS	BUSES	2 EJES	3 EJES	
MIÉRCOLES	134	5	41	0	180
JUEVES	119	5	12	0	136
VIERNES	134	5	11	0	150
SÁBADO	184	4	24	0	212
DOMINGO	207	7	17	0	231
LUNES	146	7	20	1	174
MARTES	123	9	22	0	154
TPDA	207	7	17	0	231

Nota: Elaboración propia

Los resultados del conteo vehicular mostraron que el domingo 3 de noviembre del 2024 fue el día con mayor flujo vehicular en la vía Cochapata-Morasloma, con un volumen de 231 vehículos. Es importante destacar que el conteo vehicular se realizó considerando ambos

sentidos de circulación, es decir, tanto los vehículos que se dirigen hacia Morasloma como los que ingresan a Cochapata.

Figura 24

Control de monitoreo



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

6. Cálculos

6.1 Proceso del cálculo del TPDA (Tráfico promedio diario anual)

Con el fin de obtener el TPDA, se aplicaron los coeficientes y factores de ajuste establecidos en el marco teórico.

6.1.1 Factor Horario (FH)

El factor horario se calcula dividiendo el número de horas de conteo entre las 24 horas del día. En nuestro caso, como el conteo se extendió durante las 24 horas, el resultado de esta división es 1, indicando que el volumen contabilizado representa directamente el tráfico diario.

Por lo tanto:

$$FH = 1$$

6.1.2 Factor Diario (FD)

Como el conteo vehicular abarcó los siete días de la semana, al dividir el número de días contados entre el total de días de la semana, se obtiene un factor igual a 1, indicando que el conteo representa el tráfico de una semana completa.

Por lo tanto:

$$FD = 1$$

6.1.3 Factor Semanal (FS)

El factor semanal se calcula teniendo en cuenta la distribución de los días en cada mes del año y la particularidad del mes de febrero, que puede tener 28 o 29 días dependiendo si es año bisiesto.

Tabla 34

Factor semanal correspondiente al presente año

MES	N° DIAS	N° SEMANAS	FS
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	29	4.142857143	1.035714286
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	366		

Nota: Elaboración propia

Por lo tanto, obtenemos un factor semanal para octubre y otro para noviembre, debido a que el conteo vehicular contempla ambos meses.

$$FS_{octubre} = 1.107142857$$

$$FS_{noviembre} = 1.071428571$$

6.1.4 Factor Mensual (FM)

Este factor se calcula a partir del consumo de combustibles, el cual varía según cada provincia. Para este caso, sería la provincia del Azuay.

Tabla 35

Consumo de combustible en la provincia del Azuay en el año 2023

COMBUSTIBLES 2023					
MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FM
ENE	3,877,402	625,955	3,293,368	7,796,725	1.023733501
FEB	3,330,550	564,913	3,179,790	7,075,253	1.128124829
MAR	4,974,796	617,057	2,198,898	7,790,751	1.024518507
ABR	3,739,420	606,430	3,212,193	7,558,043	1.05606287

MAY	4,073,673	615,065	3,278,495	7,967,233	1.001824421
JUN	3,907,999	592,657	2,909,649	7,410,305	1.077117417
JUL	4,215,636	580,536	3,417,977	8,214,149	0.971709739
AGO	4,232,896	539,268	3,485,990	8,258,154	0.966531816
SEP	4,413,356	538,276	3,187,424	8,139,056	0.98067498
OCT	4,753,796	615,704	2,999,186	8,368,686	0.953766049
NOV	4,380,682	660,749	3,406,909	8,448,340	0.944773599
DIC	5,229,493	563,770	2,961,265	8,754,528	0.911730316
	51,129,699	7,120,380	37,531,144	95,781,223	
	COSTO PROMEDIO MENSUAL			7,981,769	

Nota: Elaboración propia

Se obtiene un factor mensual para el mes de octubre y otro para noviembre, esto refleja la diferencia de la actividad vehicular en los dos meses.

$$FM_{octubre} = 0.953766049$$

$$FM_{noviembre} = 0.944773599$$

6.1.5 Cálculo del TPDA

Se calcula el factor corregido para octubre y noviembre, con ello se tiene el TPDA corregido para el 2024.

$$Factor\ corregido = FH * FD * FS * FM$$

Aplicando la fórmula se obtiene los siguientes valores del factor corregido.

$$Factor\ corregido_{octubre} = 1.055955269$$

$$Factor\ corregido_{noviembre} = 1.012257427$$

Para el cálculo del TPDA, usamos el factor corregido de octubre.

Tabla 36

TPDA observado

TPDA OBSERVADO		
TIPOS DE VEHÍCULOS	VOLUMEN VEHÍCULOS	%
LIVIANOS	207	89.61
BUSES	7	3.03
2 EJES	17	7.36
3 EJES	0	0.00
TOTAL	231	100

Nota: Elaboración propia

Una vez determinado los factores necesarios, se procede a calcular el TDPA para el año 2024, aplicando la **ecuación (1)**:

Por lo tanto:

$$TPDA_{\text{corregido}} = 245$$

El TPDA corregido se realizó aplicando el factor de ajuste del mes de octubre, con el fin de obtener una estimación precisa del tráfico real esperado en el periodo de diseño de la vía.

Esto nos permite garantizar que el diseño geométrico y estructural sea adecuado para las condiciones de tráfico futuro.

Tabla 37

TPDA observado corregido

TPDA OBSERVADO CORREGIDO		
TIPOS DE VEHÍCULOS	VOLUMEN VEHÍCULOS	%
LIVIANOS	220	89.80
BUSES	7	2.86
2 EJES	18	7.35
3 EJES	0	0.00
TOTAL	245	100

Nota: Elaboración propia

6.2 Proyección del tráfico

La norma MTOP (2003) recomienda el uso del método de proyección basado en el crecimiento poblacional, el cual fue aplicado en este caso para calcular el TPDA proyectado a un periodo de diseño de 20 años.

Para obtener la proyección vehicular para el año 2044, usamos las tasas de crecimiento de la provincia del Azuay.

Tabla 38

Tasa de crecimiento vehicular cada 5 años

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2024-2029	2.66%	1.78%	1.78%
2029-2034	2.25%	1.63%	1.63%
2034-2039	1.94%	1.51%	1.51%
2039-2044	1.70%	1.40%	1.40%

Nota: Tomado de MTOP 2023

Empleando la **ecuación (5)** se obtiene el siguiente:

$$TPDA_{2044} = 372$$

El resultado del TPDA proyectado a 20 años es de 372 vehículos. Según la clasificación de la MTOP, es una vía colectoras de tercer orden debido a que el volumen de tráfico se encuentra dentro del rango de 300 a 1000 vehículos.

Tabla 39

Tráfico proyectado para el 2044

VEHÍCULOS	TPDA 2024	TPDA 2029	TPDA 2034	TPDA 2039	TPDA 2044
LIVIANOS	220	251	280	309	336
BUSES	7	8	8	9	10
2 EJES	18	20	22	23	26
3 EJES	0	0	0	0	0
TOTAL	245	279	310	341	372

Nota: Elaboración propia

6.2.1 Cálculo del número de ejes equivalentes ESAL's

Para el cálculo del número de ejes equivalentes usamos el programa de Evaluación Pavimento Flexible (AASHTO) de la Maestría en Ingeniería en Vialidad y Transporte de la Universidad de Cuenca. Para este cálculo se considera 20 años como periodo de diseño, se esta forma se obtiene un valor de ESALs de 585286.

Una vez obtenido el valor de los ESALs, se procede a realizar el diseño de pavimento.

Tabla 40

Cálculo del número de ejes equivalentes ESAL'S

TIPO	FRECUENCIA	FACTOR CAMION	TASA DE CRECIMIENTO	FACTOR DE CRECIMIENTO	N. ESALs p/diseño	N. ESALS CORREGIDO p/diseño
AUTOS	336	0.001	0.0214	25.564	1398	1575
3A	10	3.762	0.0158	23.225	378869	426885
2DB	26	3.554	0.0158	23.225	139186	156826
				TOTAL	519 453	585 286

Nota: Programa de Evaluación Pavimento Flexible (AASHTO) de la Maestría en Ingeniería en

Vialidad y Transporte de la Universidad de Cuenca (2016).

6.3 Estudio de suelos

Se realizó la extracción de dos muestras de suelo a lo largo de la vía en el tramo correspondiente, con una profundidad de 1 a 1.20 metros, para analizar y determinar las características físicas y mecánicas del suelo.

6.3.1 Clasificación del suelo

En Anexos se muestran los resultados de la clasificación del suelo según la AASHTO y SUCS.

6.3.2 Ensayo de Proctor Modificado

Siguiendo la Norma ASTM D1557, se obtuvieron los siguientes resultados:

Ver Anexos

6.3.3 California Bearing Ratio Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR)

En español, se traduce como “Ensayo de Relación de Soporte de California”, bajo las normas MTC E 132/ASTM D1883. Los resultados mostraron que el CBR más desfavorable obtenido fue del 1.2%, por lo que se hizo una revisión bibliográfica para optar un CBR de 6% considerando que es el valor de mejoramiento de la subrasante.

Ver Anexos

6.4 Diseño geométrico

6.4.1 Clasificación de la carretera

Para esta clasificación se basó en la **Tabla 3**, donde el TDPA proyectado, es decir, para el 2044 es de 372 vehículos, comprendiendo entre 300-1000 vehículos y según su clasificación sería colectora de categoría III.

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA*
R - I o R - II	> 8000

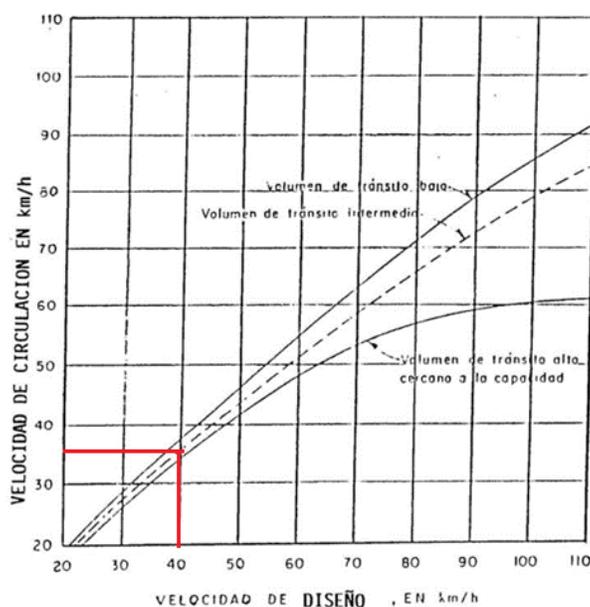
I	3000 - 8000
II	1000 - 3000
III	300 - 1000
IV	100 - 300
V	< 100

6.4.2 Velocidad de diseño

La vía Cochapata-Morasloma al ser de categoría III, con un TPDA proyectado de 372 vehículos, tomando consideraciones como la topografía de un terreno montañoso, la velocidad de diseño es de 40 km/h.

6.4.3 Velocidad de circulación

De acuerdo con la con las relaciones establecidas entre las velocidades de diseño y de circulación, y basándose en la **Tabla 4**, se ha determinado una velocidad de circulación de 35 km/h.



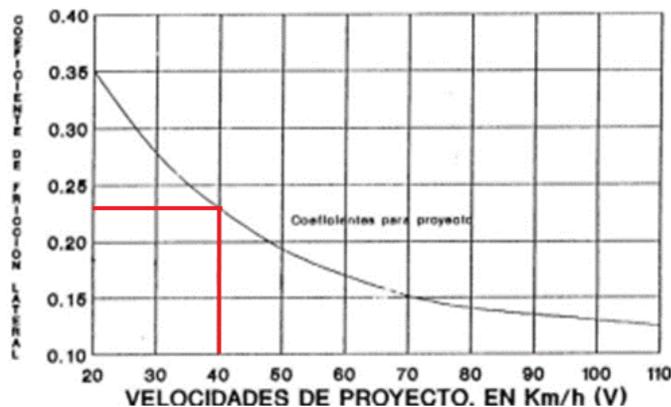
VELOCIDAD DE DISEÑO EN km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN EN KM/h		
	VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO	VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO
25	24	23	22

30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

6.5 Diseño geométrico horizontal

6.5.1 Coeficiente de fricción lateral

Este coeficiente de fricción lateral se obtiene de la **Figura 4**, al tener una velocidad de diseño de 40 km/h, se obtiene un coeficiente de 0.23.



6.5.2 Peralte de la curva

Considerando que la vía es clasificada como III, y de acuerdo con los parámetros establecidos en la norma MTOP (2003), se optó por un peralte del 8% para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios, teniendo en cuenta factores como la velocidad de diseño, el radio de curvatura y las características de los vehículos que circulan por ella.

6.5.3 Radio mínimo de curva

El radio mínimo se calcula con la **ecuación (24)**, obteniendo un radio mínimo de 42 m, sin embargo, al tener una superficie montañosa, se opta por el radio mínimo que nos da la norma

MTOP, que es de 15 m; dado que, al tener una vía ya existente debemos tener en cuenta el trazado.

6.5.4 Sobreancho

DATOS CURVA CRÍTICA		
R =	18.11	m
L =	7	m

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

$$S = 2 \left(18.11 - \sqrt{18.11^2 - 7} \right) + \frac{40}{10\sqrt{18.11}}$$

$$S = 3.76 \text{ m}$$

En las curvas en las que se permita poner la mayor cantidad de sobreancho, se pondrá la mayor cantidad de sobreancho.

Solo en algunas curvas no se considerará el sobreancho por lo siguiente:

Velocidades bajas: A velocidades de 20 km/h a 40 km/h, los vehículos tienen mayor capacidad de maniobra y control, lo que reduce la necesidad de un sobreancho adicional para seguridad y comodidad.

Limitaciones topográficas: La falta de topografía en los extremos dificulta la evaluación precisa del terreno y la implementación de un sobreancho adecuado. Sin esta información, cualquier ajuste podría ser ineficaz o incluso contraproducente.

Alineamiento existente: El trazado del alineamiento se basa en la vía existente, lo que sugiere que la infraestructura actual ya ha sido adaptada a las condiciones del terreno. Modificar el ancho podría desestabilizar el equilibrio actual y generar costos adicionales sin beneficios claros.

6.5.5 Distancia de visibilidad de parada

A partir de la clase de carretera y el TPDA proyectado, se obtiene una distancia de visibilidad de parada. De la **Tabla 6** se ha tomado el valor de 40 metros.

VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MINIMAS PARA PARADA DE UN VEHICULO (Metros)							
Criterio de Diseño: pavimentos Mojados							
Clase de carretera	TPDA	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
R - I	>8000	220	180	135	180	135	110
I	3000 a 8000	180	160	110	160	110	70
II	1000 a 3000	160	135	90	135	110	55
III	300 a 1000	135	110	70	110	70	40
IV	100 a 300	110	70	55	70	35	25
V	Menos de 70	70	55	40	55	35	25

6.5.6 Distancia de visibilidad para rebasamiento

Conociendo los parámetros de la vía y según la **Tabla 7**, se ha tomado 270 metros de distancia de rebasamiento de un vehículo.

VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MÍNIMAS PARA EL REBASAMIENTO DE UN VEHICULO (Metros)							
Clase de carretera	TPDA	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
R - I o R - II	>8000	830	830	640	830	640	565
I	3000 a 8000	830	690	565	690	565	415
II	1000 a 3000	690	640	490	640	565	345
III	300 a 1000	640	585	415	565	415	270
IV	100 a 300	480	290	210	290	150	110
V	Menos de 70	290	210	150	210	150	110

6.6 Diseño geométrico vertical

6.6.1 Curvas verticales convexas

Basándose en la clasificación de la carretera y el volumen de tráfico proyectado, conforme a lo establecido en la **Tabla 9**, se adoptó un coeficiente K igual a 4.

Velocidad de diseño	Distancia de visibilidad para parada "s"	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
Kph	Metros		
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.1	7
60	70	11.5	12
70	90	19.01	19
80	110	28.4	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Utilizando la **ecuación (26)** se obtiene la longitud mínima absoluta de 24 metros.

$$L_{min} = 24$$

6.6.2 Curvas verticales cóncavas

Conforme a lo establecido en la **Tabla 10**, se adoptó un coeficiente K igual a 6 para el diseño de la curva vertical cóncava.

Velocidad de diseño	Distancia de visibilidad para parada "s"	Coeficiente $K=S^2/122+3.5S$	
		Calculado	Redondeado
Kph	metros		
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6

45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Utilizando la **ecuación (27)**, se obtiene la longitud mínima absoluta de 24 metros.

$$L_{min} = 24$$

6.7 Diseño de pavimentos

Este diseño se sustenta en los resultados de estudios previos, los cuales incluyeron la determinación del tráfico promedio diario anual (TPDA), el índice de soporte californiano (CBR) y las cargas equivalentes simples (ESAL's).

$$TPDA = 372$$

$$ESAL's = 585286$$

$$CBR = 6\%$$

6.7.1 Confiabilidad (R)

Dado que la vía Cochapata-Morasloma es clasificada como una carretera de tercer orden, en una zona rural, con un TPDA de 372 vehículos proyectados para el 2044. Se ha seleccionado un nivel de confiabilidad del 80%, de acuerdo con la **Tabla 11**.

Tipo de Carretera	Nivel de confiabilidad R (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas y carreteras importantes	85 - 99.9	80 - 99
Arterias principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras	80 - 95	75 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

6.7.2 Desviación estándar (ZR)

La desviación estándar se selecciona de acuerdo con el nivel de confiabilidad y en base de la **Tabla 12**.

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar Zr
50	0
60	0.253
75	0.674
80	0.841
85	1.037
90	1.282
91	1.34
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	3.09
99.99	3.75

Por lo tanto, se tiene una desviación estándar de 1.037

6.7.3 Error normal combinado (So)

Seleccionar de acuerdo con el proyecto del pavimento en base a la **Tabla 14**.

Proyecto de pavimento	So	
	Flexible 0.40 - 0.50	Rígido 0.30 - 0.40
Construcción nueva	0.45	0.35

Sobrecapas	0.50	0.40
------------	------	------

Se considera que es una construcción nueva, la desviación estándar S_o es: $S_o = 0.45$

6.7.4 Serviciabilidad

Considerando las **Tabla 15** y **Tabla 16**, se fijó un índice de serviciabilidad inicial y uno de serviciabilidad final, reflejando las condiciones del pavimento al inicio y al final.

Serviciabilidad inicial:

Tipo de pavimento	Serviciabilidad inicial, P_o
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Serviciabilidad final:

Tipos de vía	Serviciabilidad final, P_f
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
Zonas industriales	
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0

Aplicando la **ecuación (32)**, se obtiene:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

6.7.5 Condiciones ambientales y obras de drenaje (m_i)

Considerando las características de los materiales del pavimento y su exposición a la humedad, ver la **Tabla 17** y **Nota: Tomado de AASHTO (1993)**.

Tabla 18 para seleccionar los valores correspondientes.

Calidad del drenaje:

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy malo	El agua no evacúa

Valores de m , recomendados para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares:

Características del drenaje	Porcentaje del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a grados de humedad próxima a la saturación			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 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 malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Valores para $m_i = 1$

6.7.6 Coeficientes estructurales o de capa

6.7.6.1 Módulo resiliente de la Subrasante

El módulo resiliente se obtuvo en función del CBR, por lo que el módulo de la subrasante se calcula tomando en cuenta la **Tabla 19**.

Al tener un CBR de 6%, se calcula de la siguiente manera:

$$Mr = 1500 * CBR$$

$$Mr = 1500 * 6$$

$$Mr = 9000$$

Obteniendo un $Mr = 9000 \text{ lb/plg}^2$

6.7.6.2 Módulo resiliente de la mezcla asfáltica

Para identificar este módulo se considera factores de la vía de estudio, por lo que su temperatura se encuentra entre los 15 °C y la velocidad con la que circulan los vehículos en la vía es de 35 km/h. En la **Tabla 20** se identifica el módulo resiliente.

CAPA	T [°C]	f (Hz)	V [km/h]	E [MPa]
Rodadura	10	2.5	15-25	7000
		5	35-45	8500
		10	70-80	9500
	15	2.5	15-25	5000
		5	35-45	6000
		10	70-80	7200
	20	2.5	15-25	3000
		5	35-45	4000
		10	70-80	5000
	25	2.5	15-25	2200
		5	35-45	2700
		10	70-80	3500
	30	2.5	15-25	1200
		5	35-45	1600
		10	70-80	2000

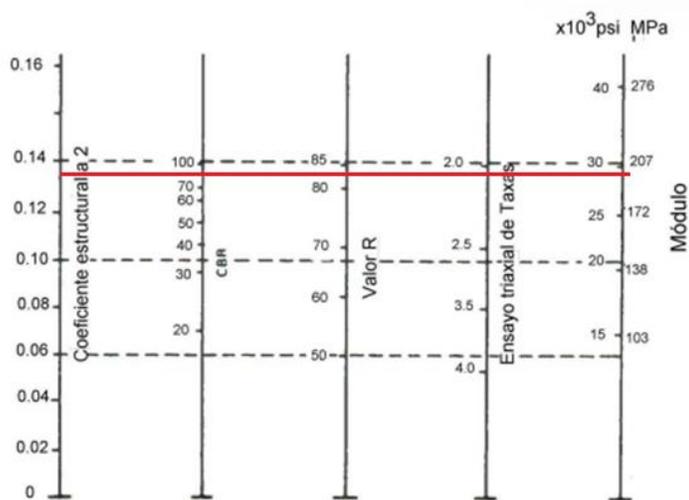
Módulo resiliente: 6000 MPa = 870226 psi

Utilizando la **ecuación (34)** se obtiene el coeficiente estructural $a_1 = 0.5617775138$

6.7.6.3 Módulo resiliente de la base

Según Rondón & Reyes (2015) para pavimento flexible, el CBR de base granular se supone mayor o igual al 80% (p. 48).

Por lo tanto, obsérvese la **Figura 9**:



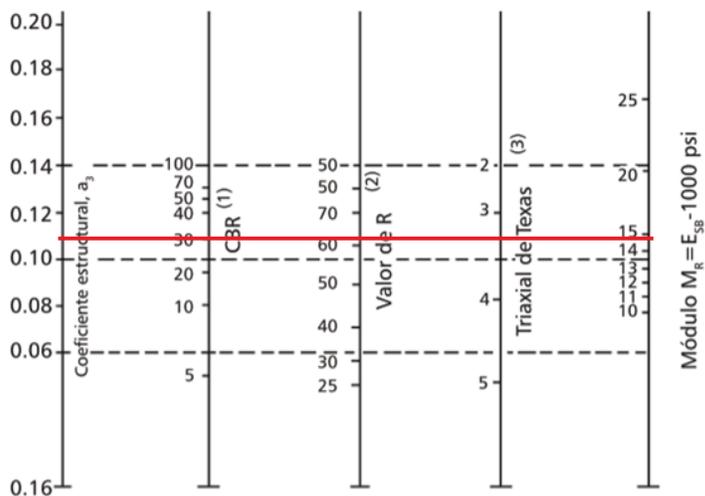
Mediante la utilización del ábaco, se obtienen los siguientes resultados:

Módulo resiliente: 28000 psi

Utilizando la **ecuación (35)** se obtiene el coeficiente estructural $a_2 = 0.1303423498$

6.7.6.4 Módulo resiliente de la Subbase

Según la metodología AASHTO (1993) especifica que el CBR de las subbases debe ser mayor o igual al 30%, por lo tanto, obsérvese la **Figura 10**.



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Mediante la utilización del ábaco, se obtienen los siguientes resultados:

Módulo resiliente: 14800 psi

Utilizando la **ecuación (36)** se obtiene el coeficiente estructural $a_3 = 0.1076494094$

6.7.7 Cálculo del Número estructural (SN) de diseño

Por consiguiente, la **ecuación (40)** calcula el número estructural de un pavimento:

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_o + 9.26 \times \log(SN_i + 1) - 0.20 + \left[\frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN_i + 1)^{5.19}}\right)} \right] + 2.32 \times \log(M_r) - 8.07$$

6.7.8 Cálculo de los números estructurales de las capas

Tabla 41

Resultado del número estructural de la base

BASE	
Mr	28000
Zr	-1.037
So	0.45
ΔPSI	2.2
SN1	1.68
W18	585286
Log (W18)	5.76736814

Nota: Elaboración propia

Tabla 42

Resultado del número estructural de la subbase

SUBBASE	
Mr	14800
Zr	-1.037
So	0.45
ΔPSI	2.2
SN2	2.48
W18	585286
Log (W18)	5.76736814

Nota: Elaboración propia

Tabla 43

Resultado del número estructural de la mezcla asfáltica

MEZCLA ASFÁLTICA	
Mr	870226
Zr	-1.037
So	0.45
ΔPSI	2.2
SN3	2.76
W18	585286
Log (W18)	5.76736814

Nota: Elaboración propia

6.7.9 Espesores de las capas

Con la **ecuación (37)** se produce a calcular el espesor de la carpeta asfáltica, se tiene:

$$h1 = 7.62 \text{ cm}$$

Con la **ecuación (38)** se produce a calcular el espesor de la base, se tiene:

$$h2 = 11.94 \text{ cm}$$

Con la **ecuación (39)** se produce a calcular el espesor de la subbase, se tiene:

$$h3 = 6.6 \text{ cm}$$

Basada en el MOP-001-F (2002) para realizar estos cálculos, donde sugiere que debe ser un mínimo de 6 pulgadas en la subbase, 6 pulgadas en la base y 3 pulgadas para la carpeta asfáltica.

A continuación, se presenta el resultado de los espesores de capa:

Tabla 44

Resultado de los espesores de capa

RESUMEN ESTRUCTURA FINAL		
Carpeta asfáltica	8	cm
Base granular	15	cm
Subbase granular	15	cm

Nota: Elaboración propia

6.7.10 Procedimiento para determinar el espesor de mejoramiento de la Subrasante

El espesor del mejoramiento necesario se determina con la **ecuación (33)**:

Tabla 45

Datos para el cálculo del espesor de mejoramiento

DATOS	
SN (1.2%)	4.77
SN (6%)	2.77
a4	0.061
m4	1

Nota: Elaboración propia

$$h_4 = 33 \text{ cm}$$

6.7.11 Resumen de las capas estructurales

Tabla 46

Resumen de las capas estructurales

RESUMEN ESTRUCTURA FINAL		
Carpeta asfáltica	8	cm
Base granular	15	cm
Subbase granular	15	cm
Mejoramiento	33	cm

Nota: Elaboración propia

8 cm		Carpeta asfáltica
15 cm		Base granular
15 cm		Subbase granular
33 cm		Mejoramiento

6.8 Obras de drenaje

6.8.1 Cunetas

6.8.1.1 Curvas IDF

Se desarrolló una investigación con el fin de determinar las Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Inicialmente, se recopilaron datos históricos de precipitación máxima en 24 horas de la estación meteorológica más cercana al proyecto, la estación M0420 llamada Nabón, ha sido identificada como la fuente de datos para este estudio. Se han utilizado registros que se extienden desde 1980 hasta 2013, con el fin de garantizar un análisis representativo del clima local.

Seguidamente, se aplicó la distribución de Gumbel, para calcular las precipitaciones máximas y sus respectivas intensidades, considerando diversas duraciones de eventos pluviales. Los datos resultantes, expresados en milímetros por minuto, sirvieron como base para la formulación de una ecuación empírica que relaciona la intensidad de lluvia con su duración y frecuencia de ocurrencia.

Figura 25

Ecuación de intensidad válida para la cuenca de estudio

$$I = \frac{689.9075 * T^{0.217265}}{t^{0.61639}}$$

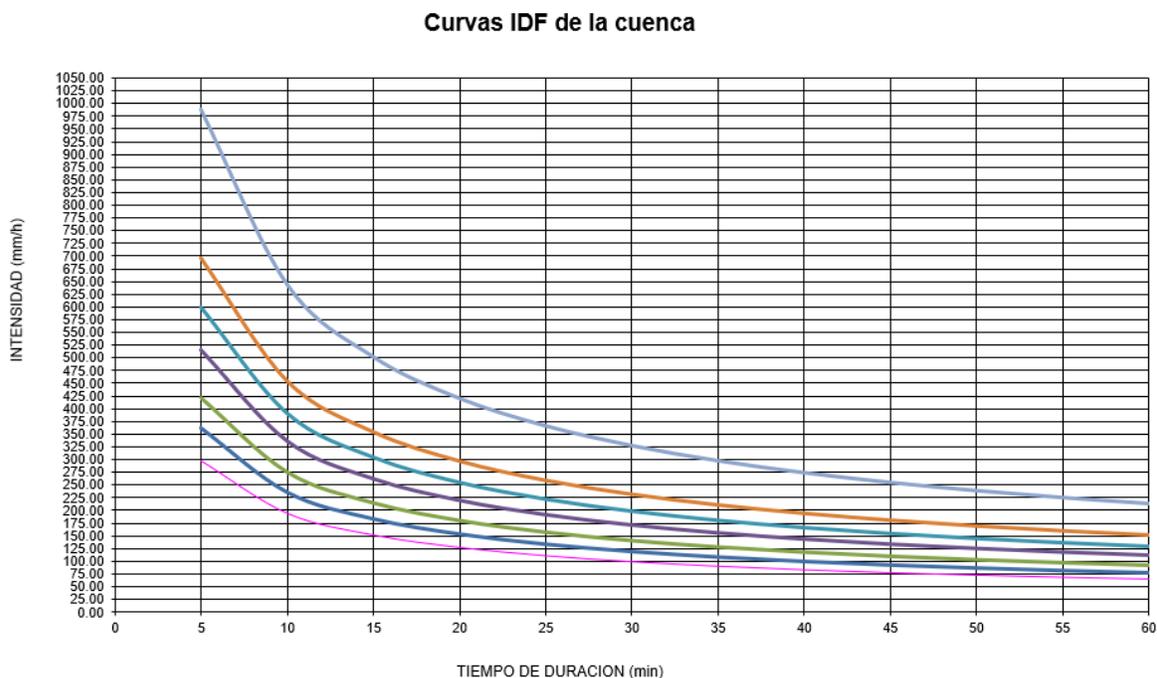
Fuente: *Elaboración propia*

A partir de la ecuación de intensidad derivada del método de Gumbel, se calcularon las intensidades máximas de precipitación asociadas a diversos períodos de retorno. Estos resultados permitieron construir las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), las cuales representan la

relación entre la intensidad de la lluvia, su duración y la probabilidad de ocurrencia en un determinado período, y son fundamentales para el diseño hidrológico de la cuenca en estudio.

Figura 26

Curvas IDF de la Cuenca del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

Para determinar el tiempo de concentración de la cuenca, se empleó se empleó la metodología propuesta por Kirpich, la cual resulta particularmente apropiada para cuencas con pendientes pronunciadas, comprendidas entre un 3% y un 10%. Este método, basado en la longitud y pendiente del cauce principal, permite estimar el tiempo requerido para que el agua recorra la cuenca desde su punto más alejado hasta la salida.

Figura 27*Cuenca principal**Fuente: Elaboración propia en ARCGIS***Figura 28***Ecuación del tiempo de concentración según Kirpich*

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

Tabla 47*Cálculo del tiempo de concentración*

COTA MAYOR	3000	msnm
COTA MENOR	2553	msnm
L. CAUCE (L)	5920.01	m
PENDIENTE (S)	0.075506629	m/m
	7.55%	
tc - minutos	42.33	

Fuente: Elaboración propia

Posterior a la determinación del tiempo de concentración mediante el método de Kirpich, se calcularon las intensidades máximas de precipitación para un período de retorno de 25 años, utilizando las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Los resultados obtenidos se

muestran el **Tabla 48**, que un valor fundamental para el diseño de estructuras hidráulicas que garanticen la seguridad ante eventos extremos.

Tabla 48

Cálculo de la Intensidad de precipitación

PERIODO DE RETORNO	25.00	años
TIEMPO DE CONCENTRACION	42.33	minutos
INTENSIDAD	137.98	mm/hr

Fuente: Elaboración propia

6.8.1.2 Método racional

El método racional calcula el caudal máximo a partir del área de la cuenca, el coeficiente de escorrentía y la intensidad de la lluvia.

Figura 29

Fórmula para calcular el caudal por el método racional

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

Con el propósito de facilitar el análisis hidrológico y el diseño de las obras de drenaje, la vía en estudio ha sido segmentada en catorce tramos, considerando las características de la pendiente del terreno y los requerimientos de descarga de aguas pluviales. A fin de demostrar el procedimiento de cálculo, se ha seleccionado el tramo con el caudal de diseño más elevado como caso de estudio.

Tabla 49

Cálculo de caudal tramo 10

Tramo 10		
Longitud Tramo	326.49	m
Ancho Carril	3.3	m

Área de aporte	1077.417	m ²
I	0.1077417	Ha
Coefficiente de escorrentía	503.411	mm/hr
Caudal	0.7	m ³ /s

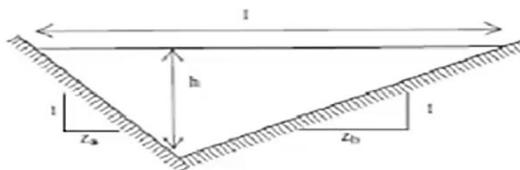
Fuente: Elaboración propia

6.8.1.3 Dimensionamiento de cuneta

Con el caudal máximo calculado, se inicia la etapa de diseño de las estructuras hidráulicas, siguiendo las indicaciones de la normativa NEVI 12. Se establecerá una altura de agua "h" de diseño y se seleccionarán las relaciones de taludes adecuadas, apoyándose en los gráficos y expresiones matemáticas contenidos en dicha norma.

Figura 30

Relación de altura y espaciamiento de cuneta



Fuente: NEVI-12

Dado que la sección transversal de la cuneta es triangular, se han adoptado taludes laterales de 1 horizontal a 0.5 vertical (Z_a) y 1 horizontal a 2 vertical (Z_b). Con el fin de garantizar un funcionamiento adecuado de la cuneta, se ha establecido una altura de agua de 0.20 metros. Posteriormente, se ha verificado si las dimensiones de la cuneta cumplen con los requerimientos hidráulicos, mediante la aplicación de la ecuación de Manning. Esta ecuación relaciona el caudal, las dimensiones de la sección transversal (área y perímetro mojado) y la rugosidad del revestimiento, considerando la pendiente del tramo, la cual ha sido determinada a partir de las cotas topográficas.

Por lo tanto:

Utilizando la **ecuación (41)** se tiene lo siguiente:

$$A = 0.050 \text{ m}^2$$

Utilizando la **ecuación (42)** se tiene lo siguiente:

$$P = 0.617 \text{ m}$$

Utilizando la **ecuación (43)** se tiene lo siguiente:

$$Q = 0.137 \text{ m}^{\frac{3}{s}}$$

Utilizando la **ecuación (44)** se tiene lo siguiente:

$$I = 0.50 \text{ m}$$

En donde se establece un ancho de cuneta de 0.50 m y una altura de 0.20 m.

6.8.2 Cajas de recepción

Para garantizar una adecuada evacuación del agua proveniente de las cunetas, la distancia máxima debe ser 500 metros entre cada punto de descarga. Sin embargo, considerando las características topográficas del terreno, se ha optado por instalar cuatro cajas de recepción en los puntos más estratégicos a lo largo de la vía. De esta manera, se asegura una eficiente evacuación del agua, evitando la inundación de la calzada.

Para el diseño de las cajas de revisión se toma un caudal de diseño de 0.258 m³/s con una velocidad impuesta de 4 m/s, el diámetro de la tubería es de armico de 900 mm.

Tabla 50

Ubicación de las cajas de entrada

	Ubicación
ALC. 1	0+260
ALC. 2	0+740
ALC. 3	1+240
ALC. 4	2+340

Fuente: Elaboración propia

6.8.3 Alcantarilla tipo caja

Para gestionar el caudal de la quebrada en la abscisa 1+830 se han incorporado una alcantarilla tipo caja de 3x3 m, compuestos por hormigón armado, que garantizan la protección de la infraestructura y las condiciones ambientales adversas. Esta estructura cuenta con una entrada y salida para una eficiente conducción y disipación del agua.

7. Presupuesto

Basados en los estudios técnicos y diseños realizados, se ha elaborado un presupuesto referencial que incluye una estimación detallada de los costos asociados a cada uno de los componentes de la obra vial, considerando tanto los materiales y equipos necesarios como la mano de obra requerida.

PRESUPUESTO						
Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total
1		OBRAS PRELIMIRES				3770.8
1.1	550002	Replanteo y nivelación. (Vías)	km.	2.96	1273.92	3770.8
2		ESTRUCTURA DE PAVIMENTO				1072331.08
2.1	500007	Excavación a máquina material sin clasificar con excavadora de oruga	m3	16684.56	2.54	42378.78
2.2	506002	Cargado de material con cargadora	m3	21581.48	2.11	45536.92
2.3	506001	Cargado de material manualmente	m3	108.45	3.89	421.87
2.4	506004	Transporte de materiales hasta 6 km (desalojo)	m3	21689.93	1.64	35571.49
2.5	506005	Sobrecarreo de materiales, distancia > 6 Km, lugar determinado por el fiscalizador	m3-km	303658.99	0.3	91097.7
2.6	505001	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	20720	1.42	29422.4
2.7	505003	Mejoramiento conformación y compactación con equipo pesado	m3	6838	19.09	130537.42
2.8	505004	Sub base conformación y compactación con equipo pesado	m3	3087	27.59	85170.33
2.9	505005	Base Clase II conformación y compactación con equipo pesado	m3	3087	36.95	114064.65
2.1	529001	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	20720	1.09	22584.8
2.11	529008	Carpeta asfáltica (e=3") Ho Asf. mezclado en planta	m2	20720	13.24	274332.8
2.12	530046	Transp.Mat.Mejoramiento, Base Granular.(medido desp.compact.)	m3/km	670706.4	0.3	201211.92
3		OBRAS DE DRENAJE				249733
3.1		BORDILLOS, CUNETAS Y ACCESOS				240525.76

3.1.1	504001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	1456	2.18	3174.08
3.1.2	504002	Excavación manual material sin clasificar	m3	14.7	13.45	197.72
3.1.3	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	1911	1.6	3057.6
3.1.4	506001	Cargado de material manualmente	m3	95.55	3.89	371.69
3.1.5	506004	Transporte de materiales hasta 6 km (desalojo)	m3	2006	1.64	3289.84
3.1.6	506005	Sobreacarreo de materiales, distancia > 6 Km, lugar determinado por el fiscalizador	m3-km	28079	0.3	8423.7
3.1.7	500059	Hormigón Simple $f'c=210$ kg/cm ² para bordillos, cunetas o relleno para nivelación.	m3	1065	166.84	177684.6
3.1.8	500105	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	161.7	22.87	3698.08
3.1.9	527024	Corte y sellado de juntas con emulsión asfáltica	ml	3645.6	3.58	13051.25
3.1.10	500102	Encofrado metálico recto para cunetas	m	5880	4.69	27577.2
3.2		CAJAS DE REVISION				1404.36
3.2.1	504001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	11.52	2.18	25.11
3.2.2	504002	Excavación manual material sin clasificar	m3	1.15	13.45	15.47
3.2.3	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	16.4	1.6	26.24
3.2.4	506001	Cargado de material manualmente	m3	1	3.89	3.89
3.2.5	506004	Transporte de materiales hasta 6 km (desalojo)	m3	17.22	1.64	28.24
3.2.6	506005	Sobreacarreo de materiales, distancia > 6 Km, lugar determinado por el fiscalizador	m3-km	241.11	0.3	72.33
3.2.7	527019	Hormigón ciclópeo (60% H.S. y 40% piedra) $f'c = 180$ kg/cm ²	m3	6	112.91	677.46
3.2.8	512036	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	46.8	10.1	472.68
3.2.9	527063	Replanteo de piedra e = 10 cm	m2	13	6.38	82.94
3.3		ALCANTARILLA TIPO CAJA Y CABEZALES				7802.88
3.3.1	504001	Excavación a máquina con retroexcavadora	m3	77	2.18	167.86
3.3.2	504002	Excavación manual material sin clasificar	m3	8	13.45	107.6
3.3.3	506003	Cargado de material con minicargadora	m3	109	1.6	174.4
3.3.4	506001	Cargado de material manualmente	m3	5.47	3.89	21.28
3.3.5	506004	Transporte de materiales hasta 6 km (desalojo)	m3	114.37	1.64	187.57
3.3.6	506005	Sobreacarreo de materiales, distancia > 6 Km, lugar determinado por el fiscalizador	m3-km	1602	0.3	480.6
3.3.7	507002	Hormigón Simple $f'c = 210$ kg/cm ²	m3	20.94	157.8	3304.33
3.3.8	512036	Encofrado de madera recto (2 usos)	m2	76.5	10.1	772.65
3.3.9	527019	Hormigón ciclópeo (60% H.S. y 40% piedra) $f'c = 180$ kg/cm ²	m3	0.56	112.91	63.23
3.3.10	513003	Acero de refuerzo, $f_y=4200$ Kg/cm ²	kg	1502	1.68	2523.36
4		SEÑALIZACION				14013.19
4.1	550013	Marca de Pavimento. (Pintura Sobre la calzada 15cm de ancho 250 micras.)	km.	8.82	933.44	8232.94
4.2	531001	Señalización vertical	u	45	128.45	5780.25
5		MITIGACION AMBIENTAL				5517.68

5.1	532040	A - 0002: Suministro Letrero Hombres Trabajando 0.75 x 0.75 x 1.8m	u	12	31.3	375.6
5.2	532039	A - 0006: Suministro Letrero Despacio 0.60 x 0.60 x 1.8m	u	12	112.9	1354.8
5.3	532043	B - 0001: Suministro Cinta Peligro h= 7.5 cm Negro/Amarillo	m	1500	0.6	900
5.4	532006	Cobertura de plástico (5 usos)	m2	2000	0.32	640
5.5	532046	E - 0001: Suministro Cono para tráfico h=70cm Rojo	u	30	2.04	61.2
5.6	532024	Malla plástica de seguridad K0001, suministro e instalación, 5 usos	ml	500	1.12	560
5.7	532001	Valla de advertencia de obras y desvío	u	40	24.05	962
5.8	532005	Pasos peatonales de tabla	u	20	10.57	211.4
5.9	532004	Parante con base de hormigón, 20 usos	u	6	6.9	41.4
5.1	532019	Letrero metálico de información del proyecto	u	1	411.28	411.28
SUBTOTAL						1345365.75
IVA					15.00%	201804.86
TOTAL						1547170.61
Son:	UN MILLÓN QUINIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL CIENTO SETENTA CON 61/100 DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA					

8. Conclusiones

- El diseño geométrico de la vía Cochapata - Morasloma se realizó en la base a la Normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), por lo que se adoptó una velocidad de diseño es 40 km/h y de circulación de 35 km/h, la zona de estudio es de terreno montañoso y el peralte es del 8%.
- A partir del estudio de tráfico se obtuvo un TPDA actual es de 245 vehículos, y la proyección a 20 años dio como resultado un TPDA de 372 vehículos.
- Los ensayos de laboratorio dieron como resultado que el suelo se clasifica como Arcilla arenosa (CL). Además, se obtuvo un CBR de 1.2%, esto significa que el suelo tiene una baja capacidad para soportar cargas y deformaciones, lo que implica que no es adecuado para ser utilizado como subrasante, por lo que se ha incorporado una capa de mejoramiento con un CBR de 6%, valor mínimo que cumple con los criterios de diseño.
- A partir del diseño estructural del pavimento considerando los valores del TPDA, ESAL'S y CBR, se determinó los siguientes espesores de las capas: 8 cm para la carpeta asfáltica, 15 cm para la base granular, 15 cm para la subbase granular y 33 cm para la capa de mejoramiento.
- De acuerdo con el análisis hidrológico, se diseñó cunetas triangulares en ambos extremos para garantizar la correcta evacuación de aguas lluvias y una alcantarilla tipo cajón para encausar el agua de una quebrada.
- Siguiendo los lineamientos de la INEN (2011), se ha implementado un sistema de señalización vial con el fin de prevenir accidentes.

- Por último, se calculó un presupuesto referencial del proyecto que es \$1,547,170.61 (un millón quinientos cuarenta y siete mil ciento setenta con sesenta y un centavos).

9. Recomendaciones

- Para evitar inconvenientes durante la ejecución del proyecto, se debe socializar con los moradores de la zona, con el fin de generar un ambiente de confianza y colaboración.
- Se sugiere implementar un plan de mantenimiento periódico para la vía y, en particular, para las obras de drenaje, con el objetivo de preservar y prologar su vida útil.
- En la abscisa 1+830 hay una cascada que se ha determinado con un caudal de 24.68 m³/s por lo que se recomienda colocar una alcantarilla de tipo cajón de 3x3m previo una evaluación hidráulica.

10. Referencias

- AASHTO. (1993). *GUÍA AASHTO PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-jaen/pavimentos/guia-aashto-para-diseno-de-estructuras-de-pavimentos/27580201>
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño Geométrico de Carreteras*. Ecoediciones. https://www.academia.edu/41350934/Dise%C3%B1o_Goem%C3%A9trico_de_Carreteras_James_C%C3%A1rdenas_Grisales
- Cedeño, J. A. (2014). *PROPUESTA DE METODOLOGÍA COMPLEMENTARIA A LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS SEGÚN AASHTO 93*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.
- CONCRELAB. (2024, septiembre 11). *El Ensayo de CBR*. <https://www.concrelab.com/ensayo-cbr-2024/>
- COTECNO. (2022). *¿Qué Es Un Estudio De Suelo Y Para Qué Sirve? 3 Pasos Para Hacerlo* » COTECNO | Equipamiento Científico | Prospecciones, Auscultación, Geofísica, Ingeniería. <https://www.cotecno.cl/que-es-estudio-de-suelo/>
- GEOTECNIA FACIL. (2019). *Ensayo Proctor Normal y Modificado. Descripción e interpretación*. <https://geotecniafacil.com/ensayo-proctor-normal-y-modificado/>
- Gordillo, P. A., & Navas, S. F. (2018). *Análisis de la aplicación de la Norma ASTM D 6951-03 para estimar el índice del CBR en un suelo de la ciudad de Cuenca*.
- Guevara, I. (2022, marzo 15). *Diseño Geométrico de Carreteras | Explicación - Ingegeek*. <https://www.ingegeek.site/2022/03/15/disenio-geometrico-de-carreteras->

explicacion/?fbclid=IwAR0rqZjUiNqgMEdi7FpKZ8fh3816ece-
SPRY1zmlhF_f4WSgGNYhO561JxM

Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (s. f.). *Métodos para la determinación del coeficiente de escorrentía (c)*.

INEN 004-1. (2011). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 1. SEÑALIZACIÓN VERTICAL*.

INEN 004-2. (2011). *SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 2. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL*.

INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*.

Mejía, I. (2017). *Análisis y propuesta de solución integral al congestionamiento vehicular que se produce en la Av. 24 de Mayo y Vía al Valle, de la ciudad de Cuenca*.

Universidad de Cuenca.

Ministerio de Transporte. (2004). *SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL*.

Montejo, A. (2002). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*.

MOP-001-F. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES*.

MTOP. (2003). *NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS-2003*.

NEVI-12-MTOP. (2013). *VOLUMEN No 2-LIBRO B NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑO VIAL (Vol. 2)*.

Pérez, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*.

Prefectura de Azuay. (2023). *Más de 54 millones de dólares invertidos por la Prefectura de Azuay en el primer año de gestión | Gobierno Provincial del Azuay.*

<https://www.azuay.gob.ec/index.php/2024/05/14/mas-de-54-millones-de-dolares-invertidos-por-la-prefectura-de-azuay-en-el-primer-ano-de-gestion/>

Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos Materiales, construcción y diseño.*

Uribe, S. L. (2006). *Manual de diseño geométrico para vías e intersecciones urbanas.*

<https://repositorio.uniandes.edu.co/flip/?pdf=/bitstreams/c8a28ada-d6bc-4744-8770-f82e0b174ac1/download>

Vargas, W. E., Ricón, M. A., & González, C. J. (2023). *Topografía: Conceptos y aplicaciones.*

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rOG9EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=topografia+definicion&ots=3Lndshx-KK&sig=Nqtk-UG3cniEsW7tQd_-KcdwWf8#v=onepage&q&f=false

ANEXOS



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

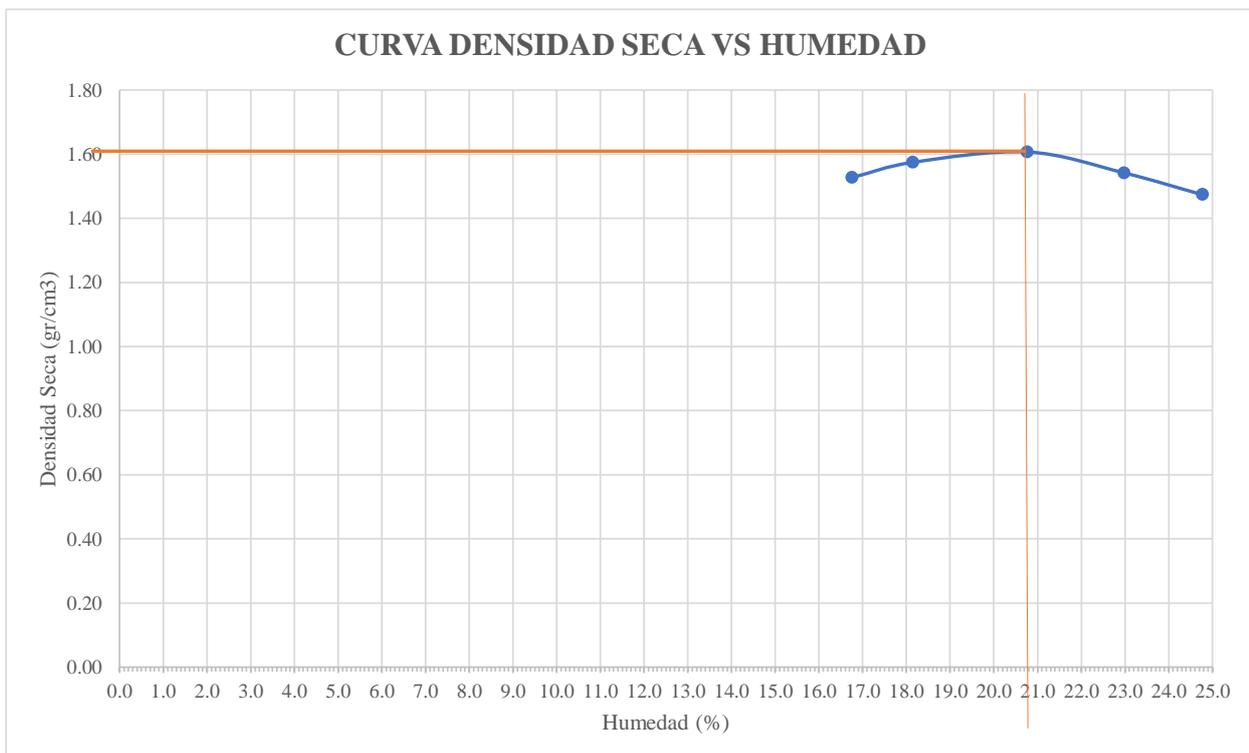


EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS DE SUELO



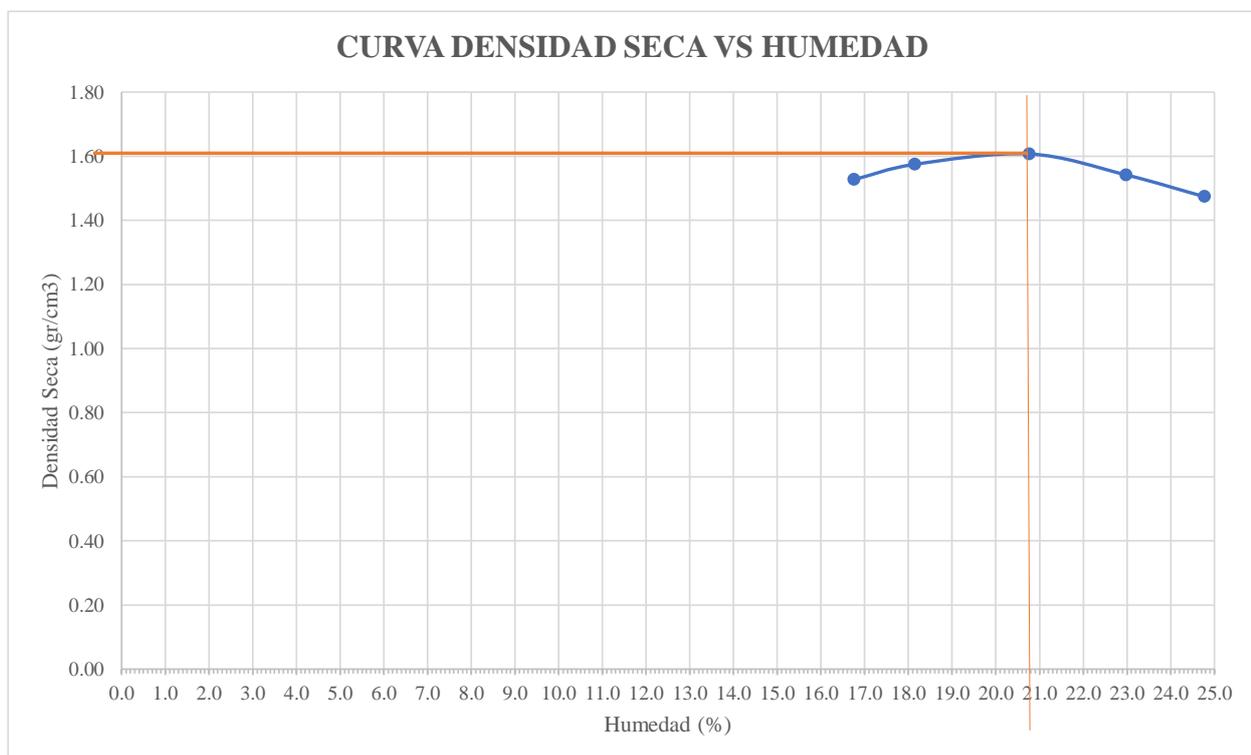
ENSAYOS EN LABORATORIO

VOLUMEN CILINDRO						
DIÁMETRO:	152.4	ALTURA:	117.00	RADIO:	76.2	
V=	2134251.9	mm3		V=	2134.2519	cm3
Muestra c/u:	gr	7000.00				
Volumen del cilindro	cm3	2134.251902				
%HUMEDAD		4%	6%	8%	10%	12%
Peso (proctor)	gr	5456	5456	5456	5456	5456
Peso (proctor + muestra)	gr	9262	9427	9598	9502	9380
Peso muestra (compacto)	gr	3806	3971	4142	4046	3924
Muestra tomada de la parte de arriba:						
Peso húm (cáp + mues)	gr	73.3	72.1	64.1	75.6	73.5
Peso sec (cáp + mues)	gr	66.6	65.2	57.8	66.5	64.3
Cápsula	gr	27.5	27.8	27.6	27.6	27.5
Peso agua	gr	6.7	6.9	6.3	9.1	9.2
Peso muestra seca	gr	39.1	37.4	30.2	38.9	36.8
Contenido de humedad	%	17.13555	18.44920	20.86093	23.39332	25.00000
Densidad suelo hum	gr/cm3	1.78329	1.86061	1.94073	1.89575	1.83858
Densidad suelo seco	gr/cm3	1.5224197	1.5708043	1.6057521	1.5363443	1.4708667
Muestra tomada de la parte de abajo:						
Peso húm (cáp + mues)	gr	62.4	63.6	63.9	77	89.7
Peso sec (cáp + mues)	gr	57.5	58.1	57.7	67.9	77.5
Cápsula	gr	27.6	27.3	27.7	27.6	27.8
Peso agua	gr	4.9	5.5	6.2	9.1	12.2
Peso muestra seca	gr	29.9	30.8	30	40.3	49.7
Contenido de humedad	%	16.38796	17.85714	20.66667	22.58065	24.54728
Densidad suelo hum	gr/cm3	1.78329	1.86061	1.94073	1.89575	1.83858
Densidad suelo seco	gr/cm3	1.5321986	1.5786952	1.6083372	1.5465298	1.4762131
Contenido de humedad						
Contenido de humedad	%	16.76175	18.15317	20.76380	22.98698	24.77364
Densidad suelo hum	gr/cm3	1.78329	1.86061	1.94073	1.89575	1.83858
Densidad suelo seco	gr/cm3	1.52731	1.57475	1.60704	1.54144	1.47354



ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 20.8
DENSIDAD SECA ÓPTIMA 1.60

VOLUMEN CILINDRO						
DIÁMETRO:	152.4	ALTURA:	117.00	RADIO:	76.2	
V=	2134251.9	mm3		V=	2134.2519	cm3
Muestra c/u:	gr	7000.00				
Volumen del cilindro	cm3	2134.251902				
%HUMEDAD		4%	6%	8%	10%	12%
Peso (proctor)	gr	5456	5456	5456	5456	5456
Peso (proctor + muestra)	gr	9262	9427	9598	9502	9380
Peso muestra (compacto)	gr	3806	3971	4142	4046	3924
Muestra tomada de la parte de arriba:						
Peso húm (cáp + mues)	gr	73.3	72.1	64.1	75.6	73.5
Peso sec (cáp + mues)	gr	66.6	65.2	57.8	66.5	64.3
Cápsula	gr	27.5	27.8	27.6	27.6	27.5
Peso agua	gr	6.7	6.9	6.3	9.1	9.2
Peso muestra seca	gr	39.1	37.4	30.2	38.9	36.8
Contenido de humedad	%	17.13555	18.44920	20.86093	23.39332	25.00000
Densidad suelo hum	gr/cm3	1.78329	1.86061	1.94073	1.89575	1.83858
Densidad suelo seco	gr/cm3	1.5224197	1.5708043	1.6057521	1.5363443	1.4708667
Muestra tomada de la parte de abajo:						
Peso húm (cáp + mues)	gr	62.4	63.6	63.9	77	89.7
Peso sec (cáp + mues)	gr	57.5	58.1	57.7	67.9	77.5
Cápsula	gr	27.6	27.3	27.7	27.6	27.8
Peso agua	gr	4.9	5.5	6.2	9.1	12.2
Peso muestra seca	gr	29.9	30.8	30	40.3	49.7
Contenido de humedad	%	16.38796	17.85714	20.66667	22.58065	24.54728
Densidad suelo hum	gr/cm3	1.78329	1.86061	1.94073	1.89575	1.83858
Densidad suelo seco	gr/cm3	1.5321986	1.5786952	1.6083372	1.5465298	1.4762131
Contenido de humedad						
Contenido de humedad	%	16.76175	18.15317	20.76380	22.98698	24.77364
Densidad suelo hum	gr/cm3	1.78329	1.86061	1.94073	1.89575	1.83858
Densidad suelo seco	gr/cm3	1.52731	1.57475	1.60704	1.54144	1.47354



ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD: 20.8
DENSIDAD SECA ÓPTIMA 1.60



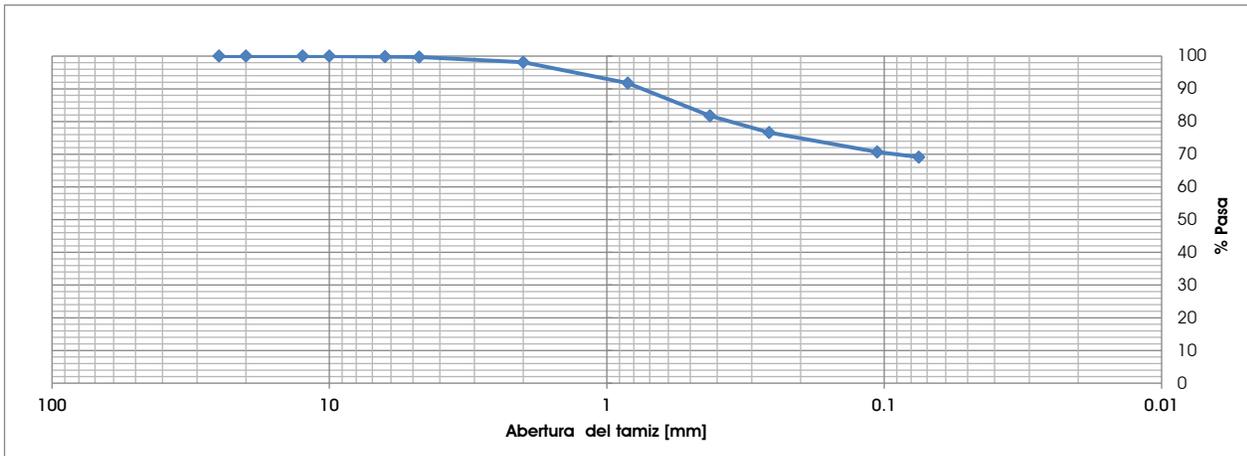
Proyecto:	PROYECTO DE TITULACIÓN		
Solicita:	SARMIENTO- BELESACA		
Ubicación (UTM):	711575.0 E	9620371.0 N	Cota (msnm): 2560
Detalle de la muestra:	C1 - M1		
Perforación	C1		
Muestra:	M1		
Profundidad de la muestra [m]:	0.00 a 1.20 m		

AASHTO	Sucs	W [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ρ [gr/cm ³]	Pasa #4 [%]	Pasa #200 [%]
A-7-6 (12)	CL - Arcilla media plasticidad arenosa	18.21	44.17	24.68	19.49	-	99.68	69.13

# de Tamiz	Abertura [mm]	Peso de material retenido [gr]	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
1"	25.4	0.00	0.0%	0%	100%
N. 3/4	19	0.00	0.0%	0%	100%
N. 3/8	9.5	0.00	0.0%	0%	100%
N. 4	4.76	2.90	0.3%	0%	100%
N. 10	2	14.20	1.6%	2%	98%
N. 20	0.84	57.90	6.4%	8%	92%
N. 40	0.425	91.20	10.0%	18%	82%
N.60	0.26	47.10	5.2%	23%	77%
N.140	0.106	54.10	5.9%	29%	71%
N. 200	0.075	14.00	1.5%	31%	69%
Fondo		0.50	0.1%		
Finos lavado		629.80	69.1%		
TOTAL		911.70			

Coeficientes	
D ₁₀ =	-
D ₆₀ =	-
D ₃₀ =	-
C _u =	-
C _r =	-

Porcentajes de material		
Gravas	Arenas	Finos
0.3%	30.5%	69.1%



Indice de Consistencia I _c
1.33
Arcilla-limo dura



Firmado electrónicamente por:
ALFREDO VLADIMIR VAZQUEZ ROURA

Ing. Alfredo Vázquez Roura, MSc.
RESPONSABLE

Laborarista:	Ing. Angel Ramon	Fecha de toma de muestra:	30/10/2024
Calculado por:	Ing. Angel Ramon	Fecha de ensayo:	06/11/2024
Verificado por:	Ing. Alfredo Vázquez R.		

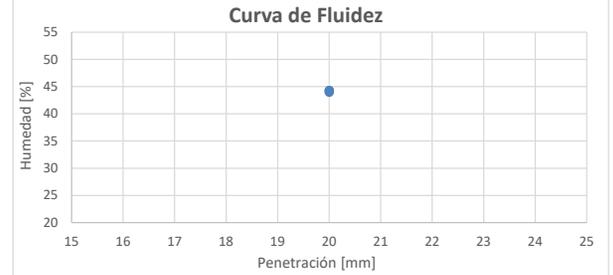
LÍMITES DE ATTERBERG (NORMA ISO 17893-12)



Proyecto:	PROYECTO DE TITULACIÓN			Detalle de la muestra:	M1	
Solicita:	SARMIENTO- BELESACA			Perforación	C1	
Coordenadas:	711575.0 E	9620371.0 N	Elevación Terreno [msnm]:	2560.0	Profundidad de la muestra [m]:	0.00 a 1.20 m

LÍMITE LÍQUIDO - MÉTODO DE CAÍDA DE CONO

ENSAYO	PENETRACIÓN	PESO TARA [gr]	PESO HÚMEDO + TARA [gr]	PESO SECO + TARA [gr]	HUMEDAD [%]
1	20.0	17.3	67.7	52.2	44.3
1	20.0	17.0	68.5	52.7	44.3
1	20.0	17.3	54.2	42.9	44.0



Interpolación	
Penetración [mm]	Humedad [%]
20.0	44.17

OBSERVACIÓN: El ensayo se realizó con el método de un punto.

LÍMITE PLÁSTICO

ENSAYO	PESO TARA [gr]	PESO HÚMEDO + TARA [gr]	PESO SECO + TARA [gr]	HUMEDAD [%]
1	9.9	13.9	13.2	24.6
2	9.6	14.5	13.6	24.9
3	10.0	16.5	15.2	24.6



Firmado electrónicamente por:
ALFREDO VLADIMIR
VAZQUEZ ROURA

Resultados:	
LÍMITE LÍQUIDO	44.17
LÍMITE PLÁSTICO	24.68
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	19.49

Ing. Alfredo Vázquez Roura.
RESPONSABLE

**HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D4643 - 17)**



GEO & GEO

GEOLOGIA GEOFISICA GEOTECNIA
GEOINGENIERIA

Proyecto:	PROYECTO DE TITULACIÓN		
Solicita:	SARMIENTO- BELESACA	Fecha de ensayo:	06/11/2024
Perforación:	C1	Fecha de toma de muestra:	30/10/2024
Ubicación (UTM):	711575.0 E	9620371.0 N	Elevación Terreno [msnm]: 2560.0
Muestra:	M1	Profundidad muestra:	0.00 a 1.20 m

MUESTRA	N° ENSAYO	PESO TARA [gr]	PESO HÚMEDO + TARA [gr]	PESO SECO + TARA [gr]	HUMEDAD [%]
C1 - M1	1	17.3	70.5	62.3	18.2%
C1 - M1	2	17.3	65.4	57.9	18.6%
C1 - M1	3	17.0	58.5	52.2	17.9%
PROMEDIO					18.2%



Firmado electrónicamente por:
ALFREDO VLADIMIR
VAZQUEZ ROURA

Ing. Alfredo Vázquez Roura, MSc.
RESPONSABLE



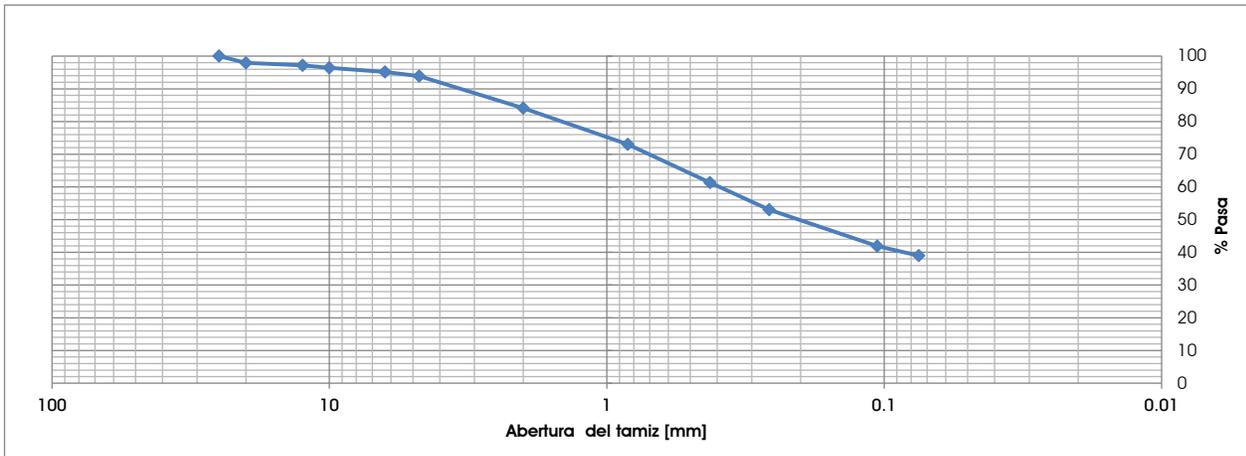
Proyecto:		PROYECTO DE TITULACIÓN	
Solicita:		SARMIENTO- BELESACA	
Ubicación (UTM):	711575.0 E	9620371.0 N	Cota (msnm): 2560
Detalle de la muestra:		C2 - M1	
Perforación		C2	
Muestra:		M1	
Profundidad de la muestra [m]:		0.00 a 1.00 m	

AASHTO	Sucs	W [%]	LL [%]	LP [%]	IP [%]	ρ [gr/cm ³]	Pasa #4 [%]	Pasa #200 [%]
A-7-5 (2)	SM - Arena limosa	17.29	45.62	30.63	14.99	-	93.92	38.99

# de Tamiz	Abertura [mm]	Peso de material retenido [gr]	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
1"	25.4	0.00	0.0%	0%	100%
N. 3/4	19	18.70	2.0%	2%	98%
N. 3/8	9.5	14.10	1.5%	4%	96%
N. 4	4.76	22.90	2.5%	6%	94%
N. 10	2	90.00	9.8%	16%	84%
N. 20	0.84	101.20	11.0%	27%	73%
N. 40	0.425	107.10	11.7%	39%	61%
N.60	0.26	76.20	8.3%	47%	53%
N.140	0.106	101.70	11.1%	58%	42%
N. 200	0.075	27.00	2.9%	61%	39%
Fondo		0.60	0.1%		
Finos lavado		356.60	38.9%		
TOTAL		916.10			

Coeficientes	
D ₁₀ =	-
D ₆₀ =	0.4
D ₃₀ =	-
C _u =	-
C _z =	-

Porcentajes de material		
Gravas	Arenas	Finos
6.1%	54.9%	39.0%



Indice de Consistencia I _c
1.89
Arcilla-limo dura



Firmado electrónicamente por:
ALFREDO VLADIMIR VAZQUEZ ROURA

Ing. Alfredo Vázquez Roura, MSc.
RESPONSABLE

Laborarista:	Ing. Angel Ramon	Fecha de toma de muestra:	30/10/2024
Calculado por:	Ing. Angel Ramon	Fecha de ensayo:	06/11/2024
Verificado por:	Ing. Alfredo Vázquez R.		

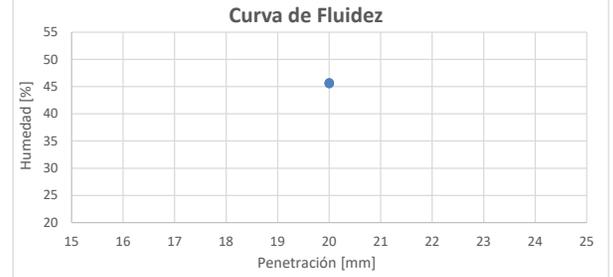
LÍMITES DE ATTERBERG (NORMA ISO 17893-12)



Proyecto:	PROYECTO DE TITULACIÓN			Detalle de la muestra:	M1	
Solicita:	SARMIENTO- BELESACA			Perforación	C2	
Coordenadas:	711575.0 E	9620371.0 N	Elevación Terreno [msnm]:	2560.0	Profundidad de la muestra [m]:	0.00 a 1.00 m

LÍMITE LÍQUIDO - MÉTODO DE CAÍDA DE CONO

ENSAYO	PENETRACIÓN	PESO TARA [gr]	PESO HÚMEDO + TARA [gr]	PESO SECO + TARA [gr]	HUMEDAD [%]
1	20.0	17.3	58.4	45.5	45.7
1	20.0	17.4	53.8	42.4	45.6
1	20.0	17.4	66.2	50.9	45.6



Interpolación	
Penetración [mm]	Humedad [%]
20.0	45.62

OBSERVACIÓN: El ensayo se realizó con el método de un punto.

LÍMITE PLÁSTICO

ENSAYO	PESO TARA [gr]	PESO HÚMEDO + TARA [gr]	PESO SECO + TARA [gr]	HUMEDAD [%]
1	10.0	15.0	13.8	30.2
2	9.9	14.7	13.6	31.1
3	9.9	16.0	14.6	30.6



Firmado electrónicamente por:
ALFREDO VLADIMIR VAZQUEZ ROURA

Resultados:	
LÍMITE LÍQUIDO	45.62
LÍMITE PLÁSTICO	30.63
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	14.99

Ing. Alfredo Vázquez Roura.
RESPONSABLE

**HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D4643 - 17)**



GEO & GEO

GEOLOGIA GEOFISICA GEOTECNIA
GEOINGENIERIA

Proyecto:	PROYECTO DE TITULACIÓN		
Solicita:	SARMIENTO- BELESACA	Fecha de ensayo:	06/11/2024
Perforación:	C2	Fecha de toma de muestra:	30/10/2024
Ubicación (UTM):	711575.0 E	9620371.0 N	Elevación Terreno [msnm]: 2560.0
Muestra:	M1	Profundidad muestra:	0.00 a 1.00 m

MUESTRA	N° ENSAYO	PESO TARA [gr]	PESO HÚMEDO + TARA [gr]	PESO SECO + TARA [gr]	HUMEDAD [%]
C2 - M1	1	17.4	82.5	72.1	19.1%
C2 - M1	2	17.3	74.7	66.8	15.9%
C2 - M1	3	17.2	86.6	76.6	16.9%
PROMEDIO					17.3%



Firmado electrónicamente por:
ALFREDO VLADIMIR
VAZQUEZ ROURA

Ing. Alfredo Vázquez Roura, MSc.
RESPONSABLE

DATOS INICIALES	
PESO DE LA MUESTRA (g)	6000
DIÁMETRO DEL MOLDE (mm)	152.4
ALTEZA DEL MOLDE (mm)	127
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2316.666594
15.3	

PESO DEL AGUA REQUERIDO	
*Humedad óptima	20.8
*Humedad inicial	18.2
Peso de agua requerida	1248 g

	DENSIDAD SECA								
	1			2			3		
MOLDE N°	1			2			3		
N° DE CAPAS	8			8			8		
N° DE GOLPES POR CAPA	12			25			56		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	20.8			20.8			20.8		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	10542			10829			10757		
PESO DEL MOLDE (g)	6895			6917			6895		
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	3647			3912			3862		
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2316.67			2316.67			2316.67		
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.57			1.69			1.67		
	SUPERIOR	CENTRAL	INFERIOR	SUPERIOR	CENTRAL	INFERIOR	SUPERIOR	CENTRAL	INFERIOR
PESO DE CÁPSULA (g)	27.87	27.79	27.75	27.77	27.91	27.87	27.58	27.50	27.96
PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO (g)	66.02	70.35	70.30	65.94	70.49	72.05	65.87	70.48	73.28
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (g)	57.04	60.88	58.80	57.40	61.71	61.51	57.23	62.02	62.15
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	8.98	9.47	11.50	8.54	8.78	10.54	8.65	8.46	11.13
PESO DE SUELO SECO (g)	29.17	33.09	31.05	29.63	33.80	33.64	29.64	34.53	34.19
HUMEDAD (%)	30.79	28.62	37.04	28.82	25.98	31.33	29.18	24.51	32.55
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.20	1.15	1.15	1.31	1.29	1.29	1.29	1.34	1.26
HUMEDAD PROM (%)	21.18			28.71			28.78		
DENSIDAD SECA PROM (g/cm ³)	1.19			1.31			1.30		

EXPANSION											
PRECISION		MOLDE N°		1		2		3		3	
0.001"		Método de rodado		mm		%		mm		%	
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
11/11/2024	SSSS	0	19	INICIAL		39	INICIAL		52	INICIAL	
12/11/2024	SSSS	24	31	0.00055632		36	0.001034483		60	0.000570923	
14/11/2024	SSSS	72	32			35			63		
15/11/2024	SSSS	96									

CBR						
Diámetro del pistón (cm)	4.979	1.960	1kN	101.97	1kPa/25	0.070307
Área del pistón (cm ²)	19.470	5.018	rod2	2.54	cm	25.4

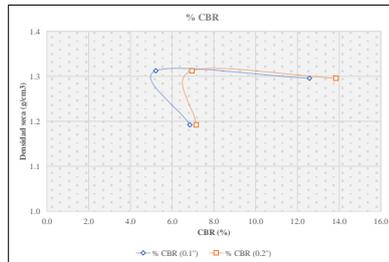
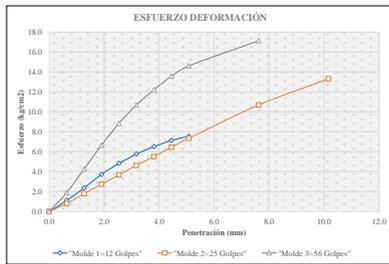
PENETRACION	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		CARGA DE PRUEBA	ESFUERZO	%	CARGA DE PRUEBA	ESFUERZO	%	CARGA DE PRUEBA	ESFUERZO	%
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025	0.21	21.40	1.10	0.15	15.30	0.79	0.36	36.71	1.98
1.270	0.050	0.45	45.80	3.36	0.34	34.67	1.78	0.81	82.60	4.24
1.905	0.075	0.71	72.40	3.72	0.52	53.02	3.72	1.27	129.50	6.65
2.540	0.100	0.92	93.81	4.82	0.70	71.38	3.67	1.69	172.33	8.85
3.175	0.125	1.10	112.17	5.76	0.88	89.73	4.61	2.04	208.02	10.68
3.810	0.150	1.24	126.44	6.49	1.05	107.07	5.50	2.33	237.59	12.30
4.445	0.175	1.36	138.68	7.12	1.23	125.42	6.44	2.59	264.10	13.56
5.080	0.200	1.44	146.84	7.54	1.40	142.76	7.33	2.79	284.50	14.61
5.715	0.200			2.04	208.02	10.68	3.27	333.44	17.12	
6.350	0.400			5.54	559.00	28.36				

CBR CORREGIDO									
PENETRACION	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1		MOLDE N° 2		MOLDE N° 3			
		ESFUERZO	%	ESFUERZO	%	ESFUERZO	%		
2.540	0.100	70.31	4.82	6.85	3.67	5.21	8.85	12.59	
5.080	0.200	108.46	7.54	7.15	7.53	6.95	14.61	13.86	

MOLDE N°	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	% CBR (0.1")	% CBR (0.2")
1	1.19	6.85	7.15
2	1.31	5.21	6.95
3	1.30	12.59	13.86

DENSIDAD FACTOR MODIFICADO DENSIDAD AL 95 %			
0.1"	CBR	%	
1.60	8.32	100%	
1.52	7.81	95%	

DENSIDAD FACTOR MODIFICADO DENSIDAD AL 95 %			
0.2"	CBR	%	
1.60	9.32	100%	
1.52	8.88	95%	



DATOS INICIALES		
PESO DE LA MUESTRA (g)	7000	
DIÁMETRO DEL MOLDE (pulg)	6	15.24 cm
ALTEZA DEL MOLDE (pulg)	5	12.7 cm
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2316.66594	
HUMEDAD INICIAL		
	17.3 %	
PESO DEL AGUA REQUERIDO		
<i>*Humedad optima</i>	23.2	
<i>*Humedad inicial</i>	17.3	
Peso de agua requerida	1624 g	

MOLDE N°	DENSIDAD SECA								
	1			2			3		
N° DE CAPAS	5			5			5		
N° DE GOLPES POR CAPA	12			25			56		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	232			232			232		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	10799.7			10940.3			10718		
PESO DEL MOLDE (g)	6885.2			6903.9			6948.8		
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	3874.5			4036.8			3769.2		
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2316.67			2316.67			2316.67		
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1.67			1.74			1.63		
	SUPERIOR	CENTRAL	INFERIOR	SUPERIOR	CENTRAL	INFERIOR	SUPERIOR	CENTRAL	INFERIOR
PESO DE CÁPSULA (g)	28.06	27.71	27.20	27.56	27.78	27.36	27.69	27.67	27.93
PESO CÁPSULA + SUELO HUMEDO (g)	71.87	66.12	63.93	86.65	71.81	72.76	86.11	80.98	76.86
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (g)	62.59	58.57	56.58	72.96	63.85	63.91	70.72	68.85	65.18
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	9.28	7.55	7.35	13.69	7.96	8.85	15.39	12.13	11.68
PESO DE SUELO SECO (g)	34.53	30.86	29.38	45.40	36.07	36.55	43.03	41.18	37.25
HUMEDAD (%)	26.88	24.47	25.02	30.15	22.07	24.21	35.77	29.46	31.36
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.32	1.34	1.34	1.34	1.43	1.40	1.26	1.26	1.24
HUMEDAD PROM (%)	25.33			25.48			32.19		
DENSIDAD SECA PROM (g/cm ³)	1.33			1.39			1.23		

EXPANSION														
PRECISION	MOLDE N°	0.001"			0.001			0.001			0.001			
		1			2			3			4			
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
14/11/2024	SSSS	0		30	%		44	%		47	%		45	%
15/11/2024	SSSS	24		33	%	0.000	39	%	0.00047610	44	%		44	%
18/11/2024	SSSS	96		33	%	0.000	39	%	0.00047610	44	%		44	%

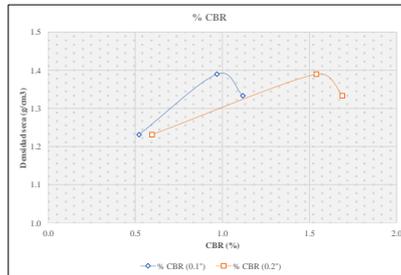
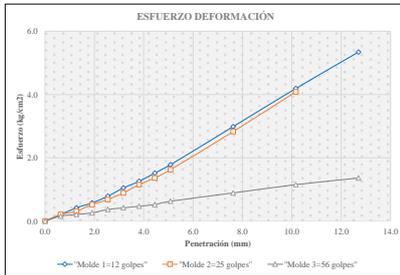
CBR												
Diámetro del pistón (cm)	4.979	1.960	pulg	1kN	101.97	kg	1/2pulg	0.070307	kg/cm ²			
Área del pistón (cm ²)	19.470	3.018	pulg ²		2.54	cm	1	pulg	25.4	mm		
PENETRACION	mm	pulg	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm ²)	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
				CARGA DE PRUEBA (kN)	ESFUERZO (kg/cm ²)	%	CARGA DE PRUEBA (kN)	ESFUERZO (kg/cm ²)	%	CARGA DE PRUEBA (kN)	ESFUERZO (kg/cm ²)	%
0	0.000	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.635	0.025		0.04	4.08	0.21	0.04	4.08	0.21	0.04	4.08	0.21	0.04
1.27	0.050		0.08	8.16	0.42	0.08	8.16	0.42	0.08	8.16	0.42	0.08
1.905	0.075		0.11	11.22	0.58	0.10	10.20	0.52	0.09	9.18	0.47	0.08
2.54	0.100	70.31	0.15	15.30	0.79	0.13	13.26	0.68	0.07	7.14	0.37	0.07
3.175	0.125		0.2	20.39	1.05	0.17	17.33	0.89	0.08	8.16	0.42	0.08
3.81	0.150		0.24	24.47	1.26	0.22	22.43	1.15	0.09	9.18	0.47	0.09
4.445	0.175		0.29	29.57	1.52	0.26	26.51	1.36	0.11	10.20	0.52	0.10
5.08	0.200	105.46	0.34	34.67	1.78	0.31	31.61	1.62	0.12	12.34	0.63	0.11
5.72	0.225		0.4	40.76	2.04	0.37	37.59	1.90	0.14	14.46	0.73	0.13
6.35	0.250		0.48	48.96	2.43	0.44	44.40	2.28	0.16	16.58	0.83	0.15
6.99	0.275		0.56	56.96	2.83	0.52	52.40	2.69	0.18	18.70	0.93	0.17
7.62	0.300		0.64	64.96	3.23	0.60	60.40	3.09	0.20	20.82	1.03	0.19
8.26	0.325		0.72	72.96	3.63	0.68	68.40	3.49	0.22	22.94	1.13	0.21
8.9	0.350		0.8	80.96	4.03	0.76	76.40	3.89	0.24	25.06	1.23	0.23

CBR CORREGIDO												
PENETRACION	mm	pulg	CARGA ESTÁNDAR (kg/cm ²)	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
				ESFUERZO (kg/cm ²)	%	ESFUERZO (kg/cm ²)	%	ESFUERZO (kg/cm ²)	%			
2.540	0.100		70.31	0.79	1.12	0.68	0.97	0.37	0.52			
5.080	0.200		105.46	1.78	1.69	1.62	1.54	0.63	0.60			

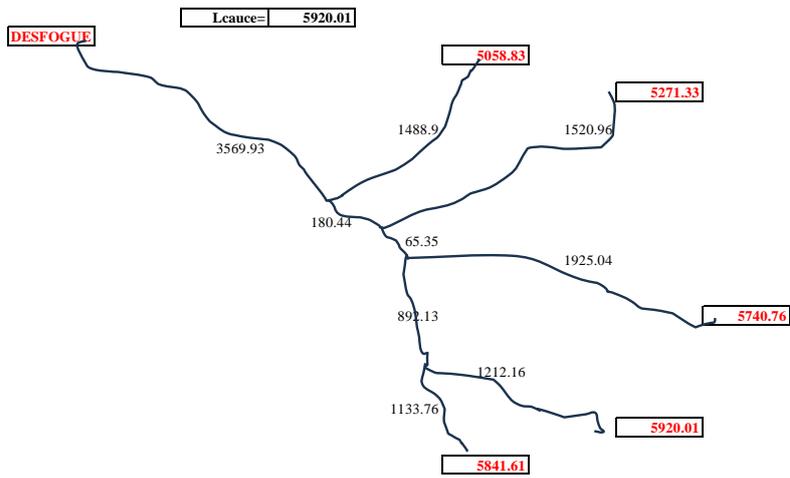
MOLDE N°	DENSIDAD SECA (g/cm ³)	% CBR (0.1")	% CBR (0.2")
1	1.33	1.12	1.69
2	1.39	0.97	1.54
3	1.23	0.52	0.60

DENSIDAD PROCTOR MODIFICADO			
	CBR	%	
1.52	0.87	100%	
1.44	0.83	95%	

DENSIDAD PROCTOR MODIFICADO			
	CBR	%	
1.52	1.27	100%	
1.44	1.21	95%	



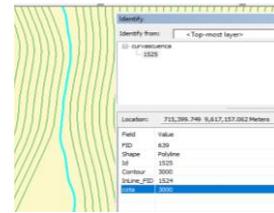
PARÁMETROS DE ARCGIS



FID	Shape	F1	y	x	z
0	Point Z	1	9620929.83	710864.93	2560.89
1	Point Z	2	9620657.01	711106.97	2566.22
2	Point Z	3	9620452.57	711536.94	2556.38
3	Point Z	4	9620131.33	711300.04	2563.59
4	Point Z	5	9619948.52	710966.30	2571.43

2553

3000



Cota donde empieza el cauce principal

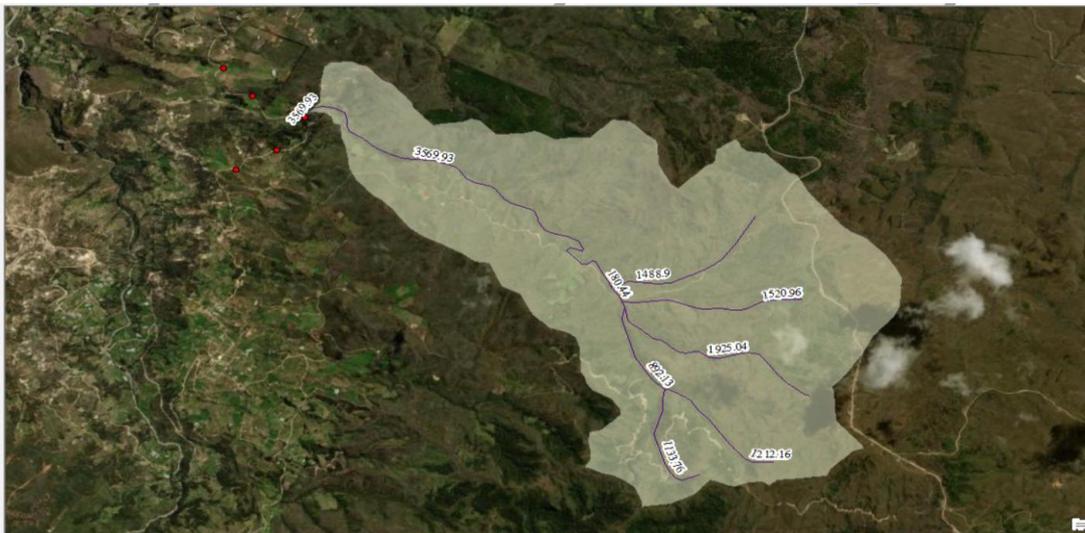
cuenca_tesisii					
FID	Shape *	Id	gridcode	area m2	Area Ha
5	Polygon	6	0	9905029.368	990.5

Área = 9915699.3152, Perimetro = 16500.1819

curvascuencia					
FID	Shape *	Id	Contour	InLine_FID	cota
492	Polyline	966	3199	965	3199
491	Polyline	965	3198	964	3198

curvascuencia					
FID	Shape *	Id	Contour	InLine_FID	cota
0	Polyline	115	2538	114	2533
1	Polyline	117	2539	116	2539

m2 9905029.37 Ha 990.50 km2 9.91



Tiempo de concentración

CUENCA	COTA MAYOR	COTA MENOR	L. CAUCE (L)	PENDIENTE (S)	T. minutos	IC = milímetros
1	3000	2551	9520.01	7.5%	41.43	41.31

Ecuación del tiempo de concentración según Kirpich

$$t_c = 0.000325 L^{0.77} / S^{0.385}$$

4.2.3 Kirpich

$T_c = 46.07777 \text{ min}$

$I_c = 41.31 \text{ mm/hr}$

De tener más concentraciones por cuencas se usará el mayor de ellas.

Intensidad

Periodo de retorno = 25.00 años

$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$

en la cual:

- I = Intensidad (mm/hr)
- t = tiempo de concentración (min)
- T = periodo de retorno (años)
- K, m, n = Parámetros de ajuste

CUENCA	PERIODO DE RETORNO	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	INTENSIDAD
1	25.00	41.31	137.966

CAUDAL MÁXIMO POR MÉTODO RACIONAL

Coefficiente de escorrentía = 0.7

Obtención del Caudal por el método racional:

$$Q = C * I * A$$

Q (m³/s)
I (mm/hr)
A (Ha)

Tramo	Inicio	Fin	Área	Pendiente	Longitud Tramo	Coeficiente	Área de aporte	Caudal
Tramo 1	0	348.09	2541.999	2.47	1.85	248.09	248.11	318.497
Tramo 2	348.09	950.01	2142.59	2.91	2.91	257.95	257.97	325.72
Tramo 3	950.01	240.87	2627.99	3.42	2.14	214.86	214.87	275.038
Tramo 4	240.87	549.06	2173.17	5.22	2.26	226.01	226.02	288.423
Tramo 5	549.06	1251.01	3573.17	2.42	2.84	284.13	284.13	367.829
Tramo 6	1251.01	1784.92	2566.22	2.74	2.84	141.91	141.92	182.000
Tramo 7	1784.92	1251.01	2173.17	4.42	3.24	32.4	32.4	41.31
Tramo 8	1477.72	1014.1	2577.22	2.93	1.36	136.38	136.38	175.004
Tramo 9	1044.1	1828.16	2573.22	7.87	2.14	214.06	214.07	275.038
Tramo 10	1828.16	2174.43	2556.38	5.27	2.26	226.49	226.50	288.423
Tramo 11	2174.43	2556.38	2573.17	5.43	1.91	191.01	191.02	245.709
Tramo 12	2344.58	2591.03	2563.59	3.51	2.45	245.5	245.5	312.45
Tramo 13	2591.03	2731.79	2573.22	1.12	1.69	169.31	169.32	217.021
Tramo 14	2731.79	2826.08	2573.22	2.35	2.16	216.69	216.7	275.037

S max = 7.909
S min = 1.123
S del D. máx = 5.586

2971.48492

Q con S max = 0.1022 102.1629162
Q con S min = 0.0507 50.07144298
Q máx = 0.0562 55.6435528

PASO DE AGUA

CLASIFICACIÓN	C	A	C * A	C	Q - m ³ /s
Fórmula de Nadal	0.07	990.50	64.3826989	0.07	24.68
TOTAL		CUENCA PRINCIPAL	64.3826989		

Extensión: 9.91 ha
Lluvia anual media: 174.61 mm

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

2.1. CAUDAL Q DE APORTE

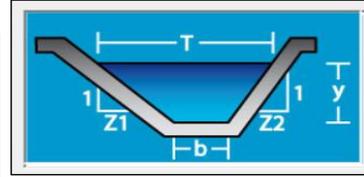
$Q = \frac{C * I * A}{360}$

Basado en un estudio más detallado sobre la intensidad de precipitación el tiempo de retorno y el de concentración, se recomienda tener un valor de intensidad de precipitación en los 10-20 años de tiempo de concentración y un periodo de retorno de 20 a 100 años.

Q (mm/hr) = Q de aporte.

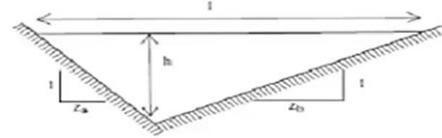
Tirante Normal

Caudal	Q	m3/s	0.105463451
Ancho de Solera	b	m	0
Talud 1	Z1	Zb	2
Talud 2	Z2	Za	0.5
Rugosidad	n		0.015
Pendiente	S	m/m	0.0537



Tirante	y	m	0.200000
Área	A	m2	0.0500
Perímetro mojado	P	m2	0.6708
Velocidad	V	m/s	2.1093

METER VALORES



$$A = \frac{(Za + Zb) * h^2}{2} = 0.050 \text{ m}^2$$

$$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * h = 0.671 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}} = 0.137 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$	=	0.500 m
Area (z)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$	=	0.050 m ²
Perímetro Mojado (P)	$(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2}) \cdot h$	=	0.671 m
Radio Hidráulico (R)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot (\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2})}$	=	0.0745 m

	Pendiente		CAUDAL		x1	x2	Caudal Acumulado Tramos m3/s	
	m/s	%	m3/s	l/s	Inicio	Fin		
					m	m		
Tramo 1	0.019	1.851	0.071	70.912	0	248.09		
Tramo 2	0.079	7.909	0.102	102.163	248.09	506.01	0.173	0.173
Tramo 3	-0.030	-3.023	0.077	77.410	506.01	740.87	0.077	
Tramo 4	0.055	5.522	0.088	87.524	740.87	966.88	0.088	0.165
Tramo 5	-0.025	-2.516	0.082	81.912	966.88	1251.01	0.082	
Tramo 6	0.038	3.836	0.063	63.326	1251.01	1394.92		
Tramo 7	0.066	6.618	0.054	53.911	1394.92	1477.72	0.117	0.199
Tramo 8	-0.029	-2.926	0.058	57.730	1477.72	1614.1		
Tramo 9	-0.079	-7.872	0.093	92.527	1614.1	1828.16	0.150	
Tramo 10	0.054	5.366	0.105	105.463	1828.16	2154.65	0.105	0.256
Tramo 11	-0.054	-5.428	0.080	79.557	2154.65	2344.58	0.080	
Tramo 12	0.039	3.911	0.084	84.405	2344.58	2591.08	0.084	0.164
Tramo 13	-0.011	-1.123	0.050	50.071	2591.08	2751.39	0.050	
Tramo 14	0.023	2.345	0.070	69.865	2751.39	2968.08	0.070	0.120
						Qdis	0.173	0.256

DISEÑO HIDRÁULICO CANAL RECEPTOR

Sección	Área hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
Rectangular	by	b+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b

b - impuesto

n

20 cada 100
S m/m
0.05

0.4

0.015

Donde:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Q = Caudal (m3/s)
n = Rugosidad
A = Área (m2)
R = Radio hidráulico = Área de la sección húmeda / Perímetro húmedo

A 0.058598698
p 0.692993488
R 0.0845588
T 0.4

V 2.954

OJO

$$1.56503E-06 = 1.43874E-06$$

1.26291E-07
Tiene que ser 0
Iteramos con y

Velocidad impuesta (m/s)

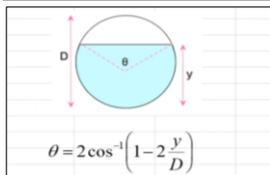
4

Sale del Civil

<80%

Cuenca	q	Ubicación del Paso de agua		Diametro con q	D. comercial impuesto	Q con Vi y Ai	Relacion q/Q
#	m3/s	y	x	m	m		%
1	0.256			0.285	0.9	2.545	10.049

minimmo



y/D
0.8 % de llenado de la tubería
0.05 S en m/m
0.024 n para tubería corrugada de metal
0.26 caudal m3/s

4.429 rad

$$D = \frac{2^{13/8} \theta^{1/4}}{(\theta - \sin \theta)^{5/8}} * \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{3/8}$$

0.4055 m

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA				
Estación: NABÓN	Coordenadas	X = 714872.4517	Cota =	2750
Denominación: M0420		Y = 9631289.989		

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1980	63.90	103.70	55.60	130.00	53.10	19.90	11.40	14.00	11.90	104.30	104.30	130.00	130.00
1981	69.70	45.40	135.60	69.40	47.70	28.10	57.80	29.80	4.10	49.70	47.80	57.00	135.60
1982	60.90	41.90	52.40	61.70	82.20	5.90	20.90	4.50	33.70	83.50	92.40	198.40	198.40
1983	212.50	59.40	152.90	172.80	81.80	114.70	12.20	27.00	29.10	32.00	66.10	98.50	212.50
1984	50.60	262.80	109.50	177.70	25.90	4.50	43.50	62.90	66.70	94.90	98.20	262.80	262.80
1985	84.40	33.90	34.30	33.70	79.50	44.60	26.40	44.20	60.40	132.50	137.30	84.00	137.30
1986	115.90	109.70	78.50			21.20	33.80	23.70	17.10	133.30	89.70		133.30
1987	96.90	118.80	95.90	109.20	83.60	27.20			49.30	102.10	108.60	64.30	118.80
1988	97.70	77.10	69.70	124.30	63.60	24.20	47.30		44.50	101.50	65.20	84.00	124.30
1989	96.00	254.40	171.80	78.70	37.80	19.60	20.30	14.50	36.10	58.90	28.20	19.90	254.40
1990	39.60	49.60	60.10	71.60	40.80	20.30	41.50	53.80	42.20	73.30	86.10	67.30	86.10
1991	109.40	109.40	83.40	95.30		52.80	50.90	34.40	53.70	52.30	101.60	62.30	109.40
1992	90.60	41.40	82.30	91.40	90.20	26.40	23.50	37.30	44.20	76.10	98.80	105.70	105.70
1993	158.60	244.40	168.50	175.10	26.30	2.00	0.80		47.80	16.70	63.10	55.60	244.40
1995			140.60	35.40	10.40		26.90	8.90		8.00	11.90	161.50	161.50
1996	91.00	83.90	90.90	163.40	42.90	40.90	6.00		51.80	147.70	59.60	12.40	163.40
1997	259.00	12.80	68.60		1.70	1.60	17.80	33.20	16.00	40.80	306.30	41.70	306.30
1998	14.60	41.00	511.60			0.80	15.60	14.20		108.10	4.70	46.10	511.60
1999	75.20	183.00	201.70										201.70
2001				50.50	56.00	65.00	2.50	5.80	14.40	21.60	53.80	57.80	65.00
2002	40.90	51.70	78.20	41.20	58.60	36.70	15.00	15.20	12.20	130.00	80.00	50.30	130.00
2003	10.40	32.80	118.30	83.90	26.40	51.70	16.20	2.20	32.20	46.60	64.90	39.90	118.30
2004	44.30	23.40	42.80	79.00	58.40	15.50	15.90	4.30	49.30	46.90	127.50	41.90	127.50
2005	25.50	91.60	166.60	60.70	29.10	14.60	5.50	8.00	42.30	78.90	24.90	149.30	166.60
2006	75.70	121.90	171.40	100.80	5.30	43.70	2.40	4.60	13.60	23.40	124.60	118.80	171.40
2007	3.30	57.90	86.60	156.30	89.00	73.00	10.40	41.80	16.10	60.50	88.30	63.40	156.30
2008	90.50	227.10	123.20	273.10	145.20	45.00		7.90	20.60	114.30	154.10	79.80	273.10
2009	111.50	51.10	70.90	58.40	68.00	8.80	0.50	4.50	0.30	40.10	23.20	51.60	111.50
2010	27.10		70.20	53.50	66.60	69.20	70.40	8.60	8.50	43.70		105.80	105.80
2011	63.80	203.10	124.40	155.10	106.00	10.70	17.90	5.00	45.00	35.50	132.00	106.70	203.10
2012	262.70	195.20	64.00	101.70	24.70	32.90	5.90	15.40	5.10	102.20	73.30	49.30	262.70
2013	48.90	79.70	63.40		98.80	18.10	2.70	16.30	18.40	84.70		47.00	98.80
MAX	262.70	262.80	511.60	273.10	145.20	114.70	70.40	53.80	62.90	147.70	306.30	198.40	511.60

Distribución de probabilidades pluviométricas mediante Gumbel

N°	Año	Precipitación (mm)		
		Max. Precip.	x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1980	0	130.00	1990.28
2	1981	0	135.60	1521.98
3	1982	0	198.40	565.85
4	1983	0	212.50	1435.46
5	1984	0	262.80	7777.04
6	1985	0	137.30	1392.22
7	1986	0	133.30	1706.72
8	1987	0	118.80	3115.04
9	1988	0	124.30	2531.35
10	1989	0	254.40	6366.05
11	1990	0	86.10	7834.46
12	1991	0	109.40	4252.67
13	1992	0	105.70	4748.93
14	1993	0	244.40	4870.30
15	1995	0	161.50	171.94
16	1996	0	163.40	125.72
17	1997	0	306.30	17341.60
18	1998	0	511.60	113560.58
19	1999	0	201.70	733.73
20	2001	0	65.00	12014.90
21	2002	0	130.00	1990.28
22	2003	0	118.30	3171.10
23	2004	0	127.50	2219.59
24	2005	0	166.60	64.20
25	2006	0	171.40	10.32
26	2007	0	156.30	335.35
27	2008	0	273.10	9699.79
28	2009	0	111.50	3983.19
29	2010	0	105.80	4735.16
30	2011	0	203.10	811.54
31	2012	0	262.70	7759.41
32	2013	0	98.80	5747.54
32		Suma	5587.6	234584.24

Cálculo variables probabilísticas

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = 174.61 \text{ mm}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 86.99 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s = 67.83 \text{ mm}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha = 135.46 \text{ mm}$$

Cálculo de las Precipitaciones Diarias Máximas Probables para distintas frecuencias

Periodo Retorno	Variable Reducida	Precip. (mm)	Prob. de ocurrencia	Corrección intervalo fijo
Años	YT	XT'(mm)	F(αT)	XT (mm)
2	0.3665	160.3225	0.5000	181.1644
5	1.4999	237.1980	0.8000	268.0337
10	2.2504	288.0963	0.9000	325.5488
25	3.1985	352.4063	0.9600	398.2192
50	3.9019	400.1152	0.9800	452.1302
100	4.6001	447.4719	0.9900	505.6432
500	6.2136	556.9058	0.9980	629.3036

Duraciones, en horas									
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	181.1644	268.0337	325.5488	398.2192	452.1302	505.6432	629.3036
18 hr	X18 = 91%	164.8596	243.9107	296.2494	362.3794	411.4385	460.1353	572.6662
12 hr	X12 = 80%	144.9315	214.4270	260.4390	318.5753	361.7042	404.5146	503.4428
8 hr	X8 = 68%	123.1918	182.2629	221.3732	270.7890	307.4486	343.8374	427.9264
6 hr	X6 = 61%	110.5103	163.5006	198.5847	242.9137	275.7994	308.4424	383.8752
5 hr	X5 = 57%	103.2637	152.7792	185.5628	226.9849	257.7142	288.2166	358.7030
4 hr	X4 = 52%	94.2055	139.3775	169.2854	207.0740	235.1077	262.9345	327.2378
3 hr	X3 = 46%	83.3356	123.2955	149.7524	183.1808	207.9799	232.5959	289.4796
2 hr	X2 = 39%	70.6541	104.5332	126.9640	155.3055	176.3308	197.2009	245.4284
1 hr	X1 = 30%	54.3493	80.4101	97.6646	119.4658	135.6391	151.6930	188.7911

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma

$$I = \frac{P [mm]}{i_{duracion} [hr.]}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	1440	7.5485	11.1681	13.5645	16.5925	18.8388	21.0685	26.2210
18 hr	1080	9.1589	13.5506	16.4583	20.1322	22.8577	25.5631	31.8148
12 hr	720	12.0776	17.8689	21.7033	26.5479	30.1420	33.7095	41.9536
8 hr	480	15.3990	22.7829	27.6716	33.8486	38.4311	42.9797	53.4908
6 hr	360	18.4184	27.2501	33.0975	40.4856	45.9666	51.4071	63.9792
5 hr	300	20.6527	30.5558	37.1126	45.3970	51.5428	57.6433	71.7406
4 hr	240	23.5514	34.8444	42.3213	51.7685	58.7769	65.7336	81.8095
3 hr	180	27.7785	41.0985	49.9175	61.0603	69.3266	77.5320	96.4932
2 hr	120	35.3271	52.2666	63.4820	77.6527	88.1654	98.6004	122.7142
1 hr	60	54.3493	80.4101	97.6646	119.4658	135.6391	151.6930	188.7911

Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno: $I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$

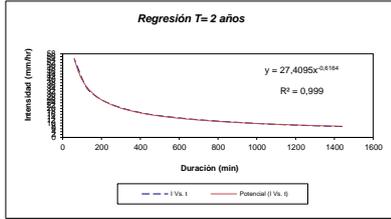
en la cual:
 I = Intensidad (mm/hr)
 t = Duración de la lluvia (min)
 T = Período de retorno (años)
 K, m, n = Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable:

$$d = K \cdot T^m$$

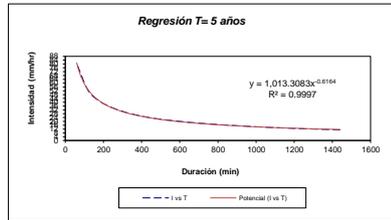
Con lo que de la anterior expresión se obtiene: $I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$

Período de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	7.5485	7.2724	2.0214	14.7001	52.8878
2	1080	9.1589	6.9847	2.2147	15.4692	48.7863
3	720	12.0776	6.5793	2.4914	16.3912	43.2865
4	480	15.3990	6.1738	2.7343	16.8810	38.1156
5	360	18.4184	5.8861	2.9133	17.1483	34.6462
6	300	20.6527	5.7038	3.0278	17.2702	32.5331
7	240	23.5514	5.4806	3.1592	17.3143	30.0374
8	180	27.785	5.1930	3.3243	17.2628	26.9668
9	120	35.3271	4.7875	3.5646	17.0657	22.9201
10	60	54.3493	4.0943	3.9954	16.3587	16.7637
10	4980	224.2614	58.1555	29.4465	165.8615	346.9435
Ln(d) =	6.5293	d =	684.8967	n =	-0.6164	



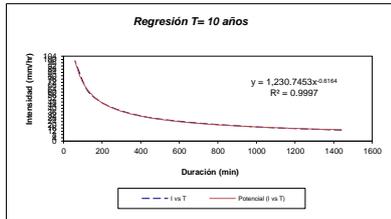
Serie T= 2 años	
x	y
1440	7.5485
1080	9.1589
720	12.0776
480	15.3990
360	18.4184
300	20.6527
240	23.5514
180	27.785
120	35.3271
60	54.3493

Período de retorno para T = 5 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	11.1681	7.2724	2.4131	17.5487	52.8878
2	1080	13.5506	6.9847	2.6064	18.2052	48.7863
3	720	17.8689	6.5793	2.8831	18.9684	43.2865
4	480	22.7829	6.1738	3.1260	19.2993	38.1156
5	360	27.2501	5.8861	3.3051	19.4539	34.6462
6	300	30.5558	5.7038	3.4196	19.5044	32.5331
7	240	34.8444	5.4806	3.5509	19.4612	30.0374
8	180	41.0985	5.1930	3.7160	19.2969	26.9668
9	120	52.2666	4.7875	3.9564	18.9410	22.9201
10	60	80.4101	4.0943	4.3871	17.9625	16.7637
10	4980	331.7960	58.1555	33.3635	188.6414	346.9435
Ln(d) =	6.9210	d =	1013.3083	n =	-0.6164	



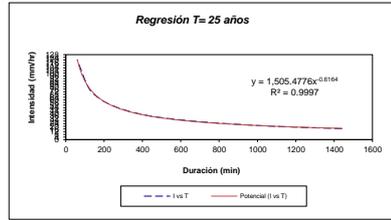
Serie T= 5 años	
x	y
1440	11.1681
1080	13.5506
720	17.8689
480	22.7829
360	27.2501
300	30.5558
240	34.8444
180	41.0985
120	52.2666
60	80.4101

Período de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	13.5645	7.2724	2.6075	18.9625	52.8878
2	1080	16.4583	6.9847	2.8008	19.5630	48.7863
3	720	21.7033	6.5793	3.0775	20.2474	43.2865
4	480	27.6716	6.1738	3.3204	20.4995	38.1156
5	360	33.0975	5.8861	3.4995	20.5982	34.6462
6	300	37.1126	5.7038	3.6140	20.6132	32.5331
7	240	42.3213	5.4806	3.7453	20.5266	30.0374
8	180	49.9175	5.1930	3.9104	20.3064	26.9668
9	120	63.4820	4.7875	4.1508	19.8717	22.9201
10	60	97.6646	4.0943	4.5815	18.7584	16.7637
10	4980	402.9932	58.1555	35.3075	199.9468	346.9435
Ln(d) =	7.1154	d =	1230.7453	n =	-0.6164	



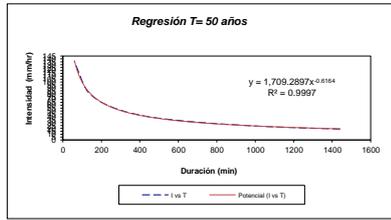
Serie T= 10 años	
x	y
1440	13.5645
1080	16.4583
720	21.7033
480	27.6716
360	33.0975
300	37.1126
240	42.3213
180	49.9175
120	63.4820
60	97.6646

Período de retorno para T = 25 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	16.5925	7.2724	2.8089	20.4278	52.8878
2	1080	20.1322	6.9847	3.0023	20.9704	48.7863
3	720	26.5479	6.5793	3.2790	21.5731	43.2865
4	480	33.8486	6.1738	3.5219	21.7434	38.1156
5	360	40.4856	5.8861	3.7009	21.7842	34.6462
6	300	45.3970	5.7038	3.8154	21.7625	32.5331
7	240	51.7685	5.4806	3.9468	21.6309	30.0374
8	180	61.0603	5.1930	4.1119	21.3527	26.9668
9	120	77.6527	4.7875	4.3522	20.8363	22.9201
10	60	119.4658	4.0943	4.7830	19.5834	16.7637
10	4980	492.9511	58.1555	37.3224	211.6646	346.9435
Ln(d) =	7.3169	d =	1505.4776	n =	-0.6164	



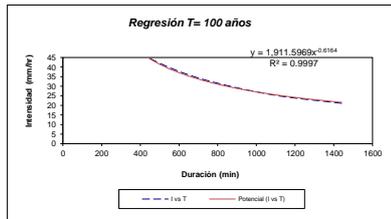
Serie T= 25 años	
x	y
1440	16.5925
1080	20.1322
720	26.5479
480	33.8486
360	40.4856
300	45.3970
240	51.7685
180	61.0603
120	77.6527
60	119.4658

Período de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	18.8388	7.2724	2.9359	21.3512	52.8878
2	1080	22.8577	6.9847	3.1293	21.8572	48.7863
3	720	30.1420	6.5793	3.4059	22.4084	43.2865
4	480	38.4311	6.1738	3.6489	22.5273	38.1156
5	360	45.9666	5.8861	3.8279	22.5315	34.6462
6	300	51.5428	5.7038	3.9424	22.4867	32.5331
7	240	58.7769	5.4806	4.0737	22.3267	30.0374
8	180	69.3266	5.1930	4.2388	22.0121	26.9668
9	120	88.1654	4.7875	4.4792	21.4442	22.9201
10	60	135.6391	4.0943	4.9100	20.1032	16.7637
10	4980	559.6870	58.1555	38.5921	219.0485	346.9435
Ln(d) =	7.4438	d =	1709.2897	n =	-0.6164	



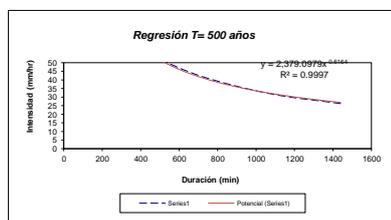
Serie T= 50 años	
x	y
1440	18.8388
1080	22.8577
720	30.1420
480	38.4311
360	45.9666
300	51.5428
240	58.7769
180	69.3266
120	88.1654
60	135.6391

Período de retorno para T = 100 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	21.0685	7.2724	3.0478	22.1647	52.8878
2	1080	25.5631	6.9847	3.2411	22.6385	48.7863
3	720	33.7095	6.5793	3.5178	23.1444	43.2865
4	480	42.9797	6.1738	3.7607	23.2179	38.1156
5	360	51.4071	5.8861	3.9398	23.1899	34.6462
6	300	57.6433	5.7038	4.0543	23.1247	32.5331
7	240	65.7336	5.4806	4.1856	22.9398	30.0374
8	180	77.5320	5.1930	4.3507	22.5929	26.9668
9	120	98.6004	4.7875	4.5911	21.9797	22.9201
10	60	151.6930	4.0943	5.0219	20.5612	16.7637
10	4980	625.9301	58.1555	39.7107	225.5538	346.9435
Ln(d) =	7.5557	d =	1911.5969	n =	-0.6164	



Serie T= 100 años	
x	y
1440	21.0685
1080	25.5631
720	33.7095
480	42.9797
360	51.4071
300	57.6433
240	65.7336
180	77.5320
120	98.6004
60	151.6930

Período de retorno para T = 500 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) ²
1	1440	26.2210	7.2724	3.2666	23.7557	52.8878
2	1080	31.8148	6.9847	3.4599	24.1666	48.7863
3	720	41.9536	6.5793	3.7366	24.5838	43.2865
4	480	53.4908	6.1738	3.9795	24.5686	38.1156
5	360	63.9792	5.8861	4.1586	24.4777	34.6462
6	300	71.7406	5.7038	4.2731	24.3726	32.5331
7	240	81.8095	5.4806	4.4044	24.1389	30.0374
8	180	96.4932	5.1930	4.5695	23.7291	26.9668
9	120	122.7142	4.7875	4.8099	23.0272	22.9201
10	60	188.7911	4.0943	5.2406	21.4570	16.7637
10	4980	779.0079	58.1555	41.8985	238.2772	346.9435
Ln(d) =	7.7745	d =	2379.0979	n =	-0.6164	



Serie T= 500 años	
x	y
1440	26.2210
1080	31.8148
720	41.9536
480	53.4908
360	63.9792
300	71.7406
240	81.8095
180	96.4932
120	122.7142
60	188.7911

<i>Resumen de aplicación de regresión potencial</i>		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. De regresión (d)	Coef. De regresión [n]
2	684.8967	-0.6164
5	1013.3083	-0.6164
10	1230.7453	-0.6164
25	1505.4776	-0.6164
50	1709.2897	-0.6164
100	1911.5969	-0.6164
500	2379.0979	-0.6164
Promedio =	1490.6304	-0.6164

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

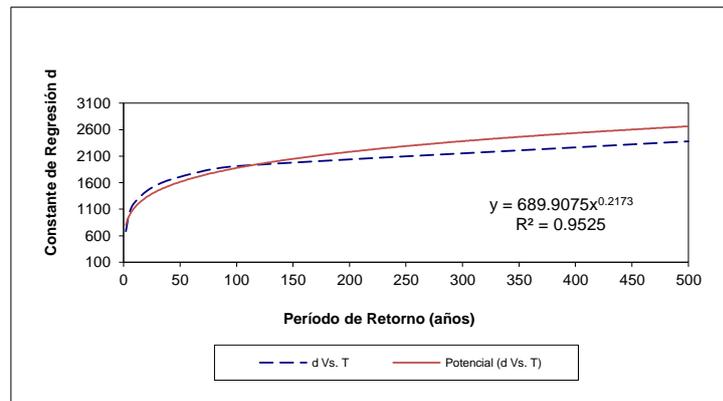
$$d = K \cdot T^m$$

<i>Regresión potencial</i>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	2	684.8967	0.6931	6.5293	4.5257	0.4805
2	5	1013.3083	1.6094	6.9210	11.1389	2.5903
3	10	1230.7453	2.3026	7.1154	16.3838	5.3019
4	25	1505.4776	3.2189	7.3169	23.5521	10.3612
5	50	1709.2897	3.9120	7.4438	29.1204	15.3039
6	100	1911.5969	4.6052	7.5557	34.7953	21.2076
7	500	2379.0979	6.2146	7.7745	48.3153	38.6214
7	692	10434.4125	22.5558	50.6565	167.8315	93.8667
Ln (K) =	6.5366	K =	689.9075	m =	0.2173	

Termino constante de regresión (K) = 689.9075

Coef. de regresión (m) = 0.217265

x	y
2	684.8967
5	1013.3083
10	1230.7453
25	1505.4776
50	1709.2897
100	1911.5969
500	2379.0979



La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

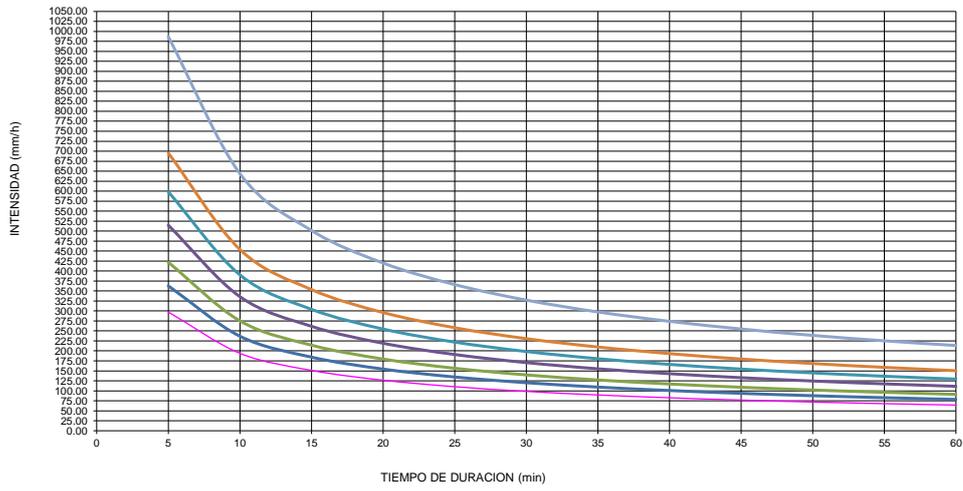
$$I = \frac{689.9075 * T^{0.217265}}{t^{0.61639}}$$

Donde:

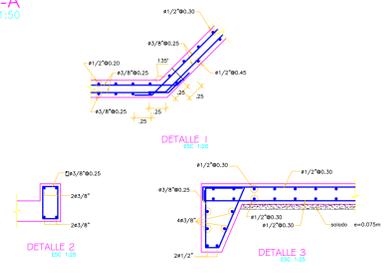
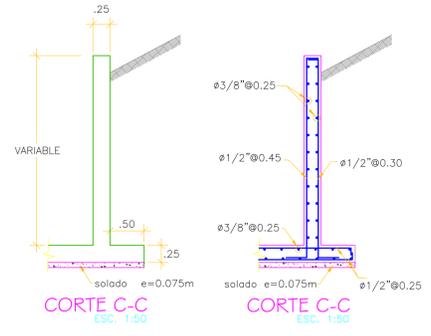
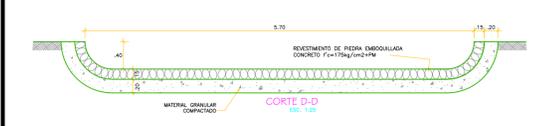
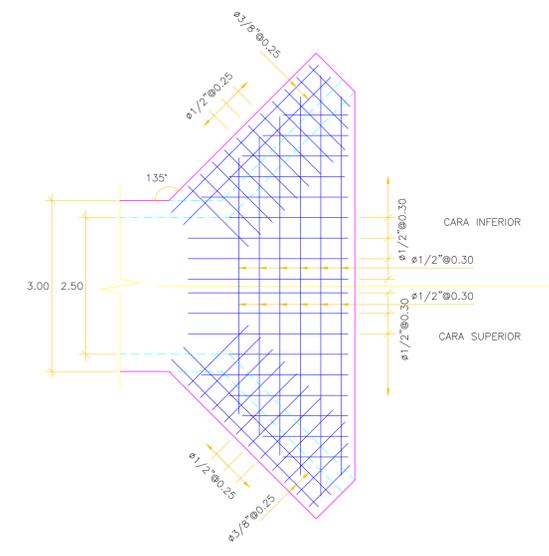
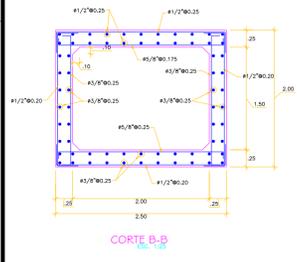
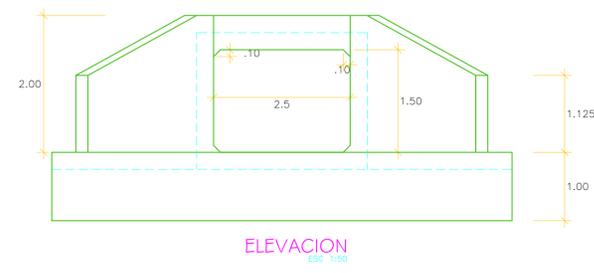
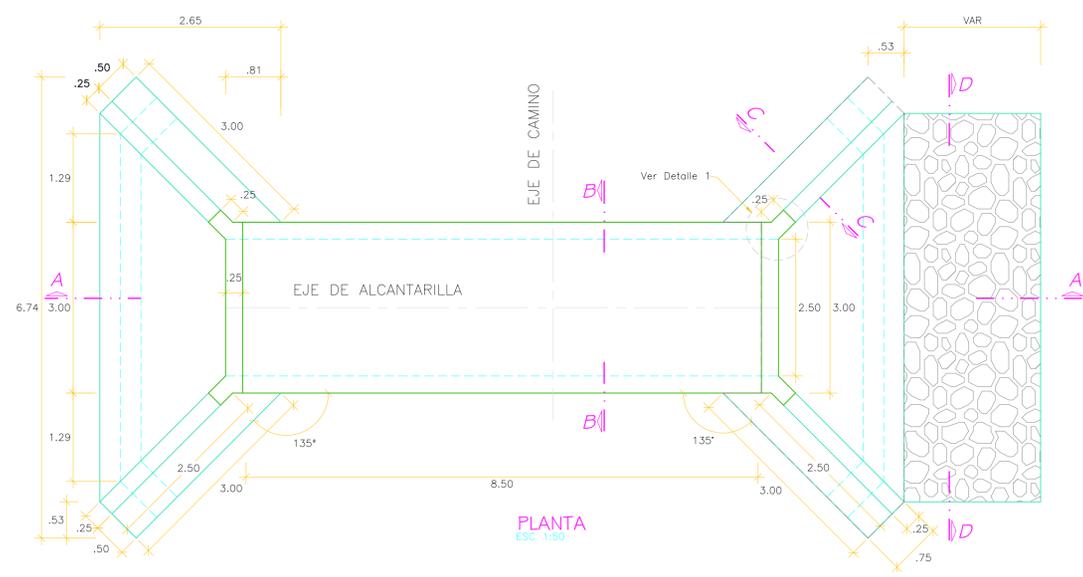
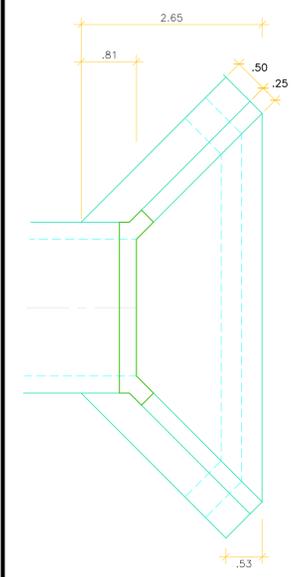
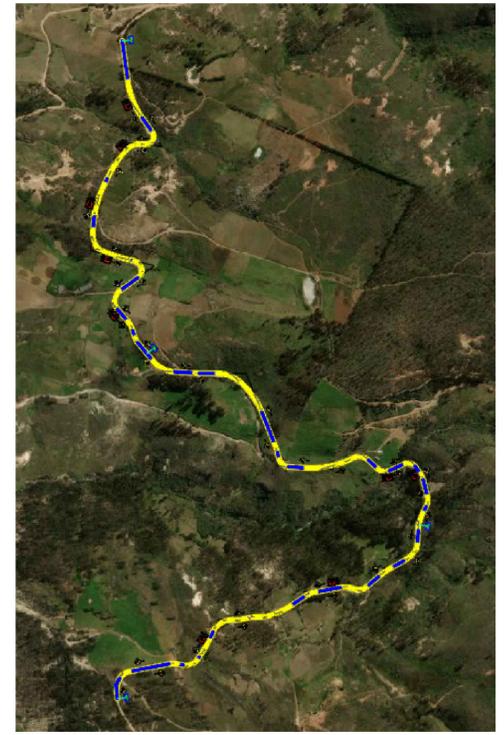
I = intensidad de precipitación (mm/hr)
 T = Periodo de Retorno (años)
 t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	297.41	194.00	151.10	126.55	110.29	98.56	89.63	82.55	76.77	71.94	67.84	64.29
5	362.93	236.74	184.39	154.42	134.58	120.27	109.37	100.73	93.68	87.79	82.78	78.46
10	421.91	275.21	214.35	179.52	156.45	139.82	127.15	117.10	108.90	102.05	96.23	91.21
25	514.85	335.84	261.57	219.07	190.92	170.62	155.16	142.90	132.89	124.54	117.43	111.30
50	598.52	390.42	304.08	254.67	221.95	198.35	180.37	166.12	154.49	144.78	136.52	129.39
100	695.80	453.87	353.50	296.06	258.02	230.59	209.69	193.12	179.60	168.31	158.70	150.42
500	987.07	643.87	501.48	420.00	366.02	327.12	297.47	273.96	254.78	238.76	225.14	213.38

Curvas IDF de la cuenca



REFERENCIAS
UBICACIÓN EN PLANTA



ESPECIFICACIONES TECNICAS

Concreto en alcantarilla $f'c=210\text{kg/cm}^2$
 Concreto para solado $f'c=100\text{kg/cm}^2$
 Acero de refuerzo $f'y=4200\text{kg/cm}^2$
 Recubrimiento: en losa: superior: 5cm
 inferior: 4cm
 en zapata: 7.5cm
 en muros laterales: 5cm

Longitud de Traslapes

ϕ	longitud
3/8"	50cm
1/2"	55cm

SECCIÓN Y DIMENSIÓN CALZADA

SECCIÓN Y DIMENSIÓN CUNETTA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

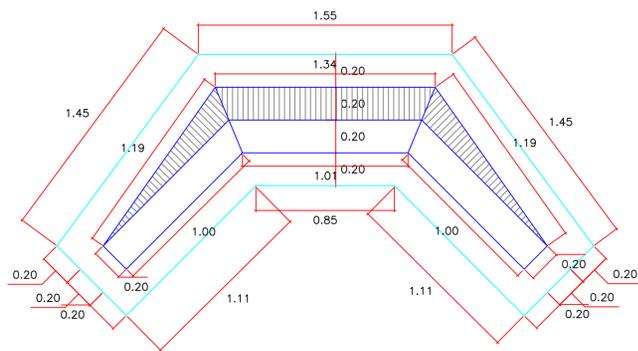
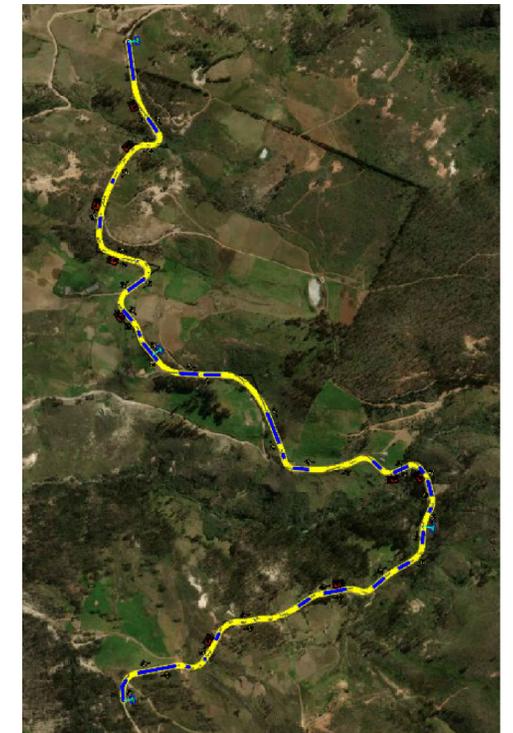
PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
DISEÑO
DETALLE DE PASO DE AGUA
PLANOS EN PLANTA, SECCIONES Y CORTES
DETALLES CONSTRUCTIVOS

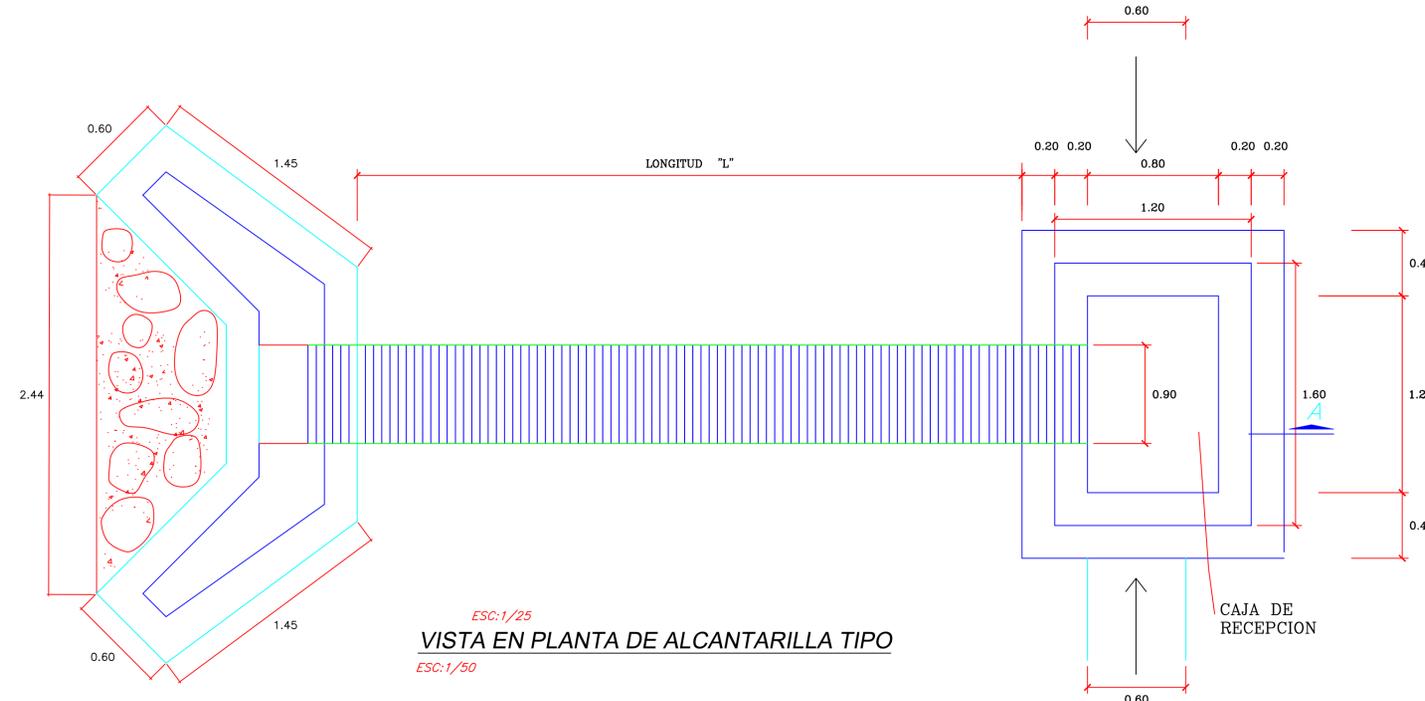
DISEÑO:	Est. Lady Belesaca Cédula No. 00000	Est. Angie Sarmiento Cédula No. 0000	Ing. Daniel Cárdenas Cédula No. 0000
APROBADO:	Ing.	ESCALA: Las indicadas	FECHA: ENERO - 2025
Nombre del archivo:	Observaciones: SIN OBSERVACIONES	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD:	DIBUJO: ANGIE Y LADY
PLANO No.:	01 DE 04		

REFERENCIAS

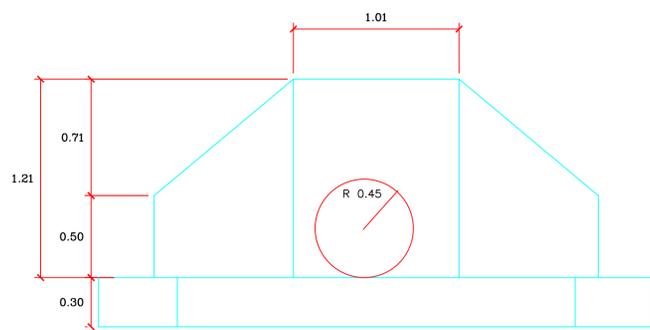
UBICACIÓN EN PLANTA



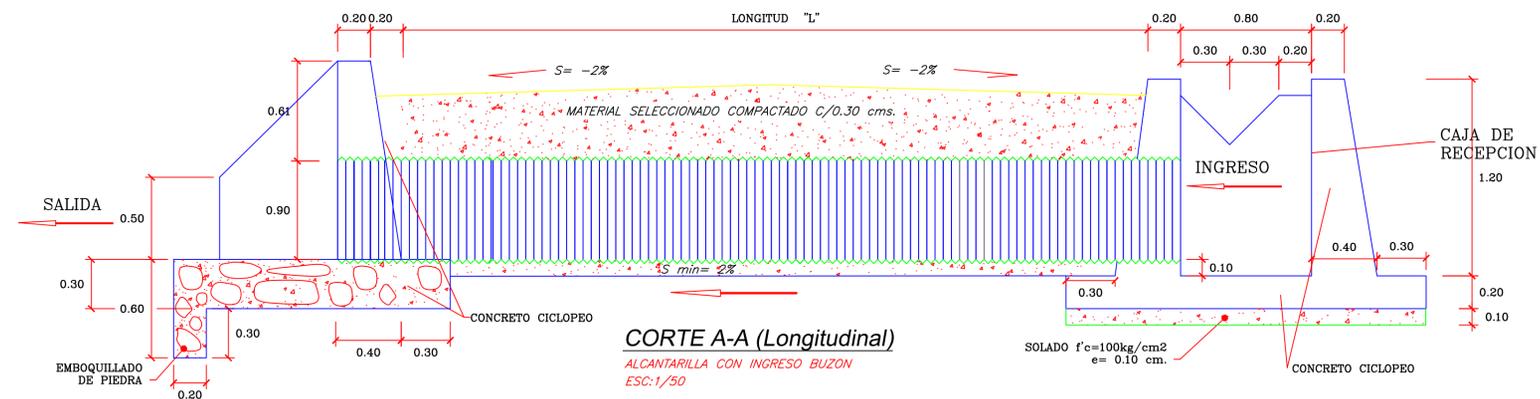
PLANTA DE CIMENTACION DE CABEZAL
ESC: 1/50



ESC: 1/25
VISTA EN PLANTA DE ALCANTARILLA TIPO
ESC: 1/50



VISTA FRONTAL
ESC: 1/50



CORTE A-A (Longitudinal)
ALCANTARILLA CON INGRESO BUZON
ESC: 1/50

DETALLE DE ALCANTARILLAS TIPO

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- CONCRETO CICLOPEO $f'c=180kg/cm^2+30\%$ de p.g
- Cimentaciones
 - Muros : 3cm
 - Muros
 - Losa Sup. : 3cm
 - Losa
 - Losa Inf. : 5cm
 - Solado

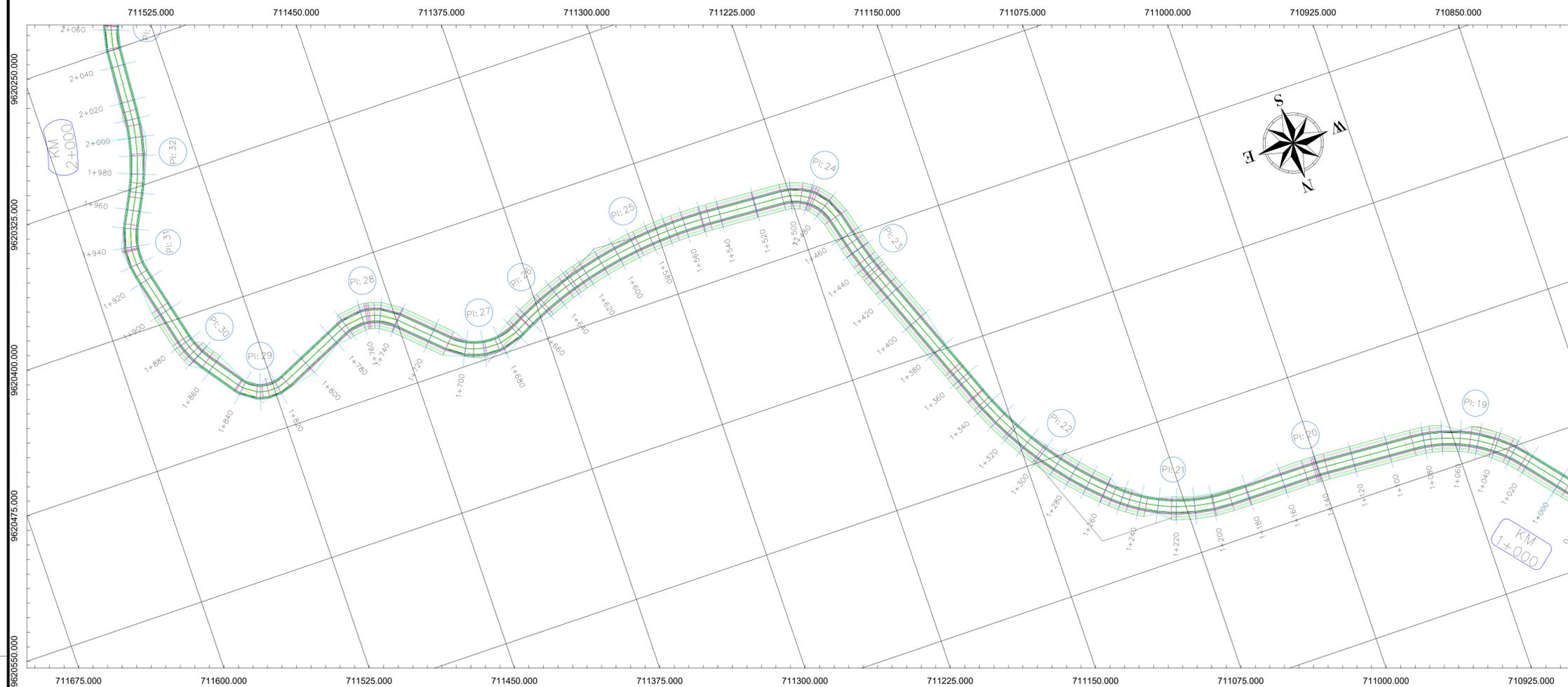
SECCIÓN Y DIMENSIÓN CALZADA

SECCIÓN Y DIMENSIÓN CUNETETA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

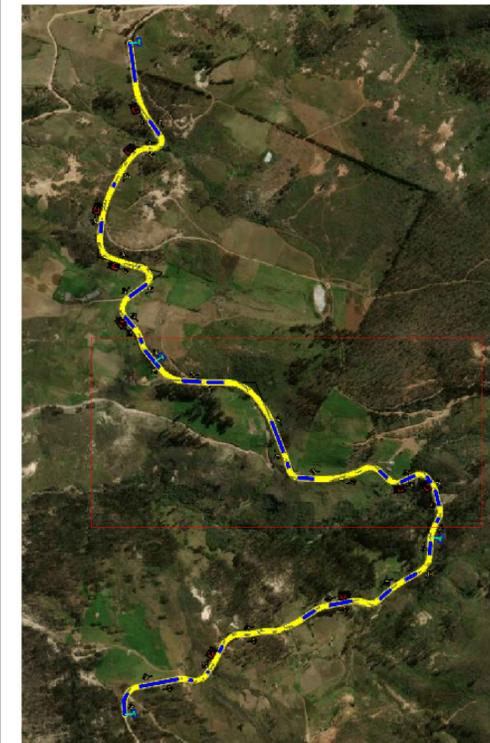
PROYECTO:			
"PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"			
CONTIENE:			
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DISEÑO DETALLE DE ALCANTARILLAS TIPO PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN DETALLES CONSTRUCTIVOS			
DISEÑO:		REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD:	
Est. Lady Belesaca Cédula No. 00000	Est. Angie Sarmiento Cédula No. 0000	Ing. Daniel Cárdenas Cédula No. 0000	
APROBADO:	ESCALA	FECHA	DIBUJO
Ing.	Las Indicadas	ENERO - 2025	LADY & ANGIE
Nombre del archivo:	Observaciones:	PLANO No.:	
ALCANTARILLA	SIN OBSERVACIONES	01 de 01	

TRAZADO EN PLANTA DE 1+000 a 2+000

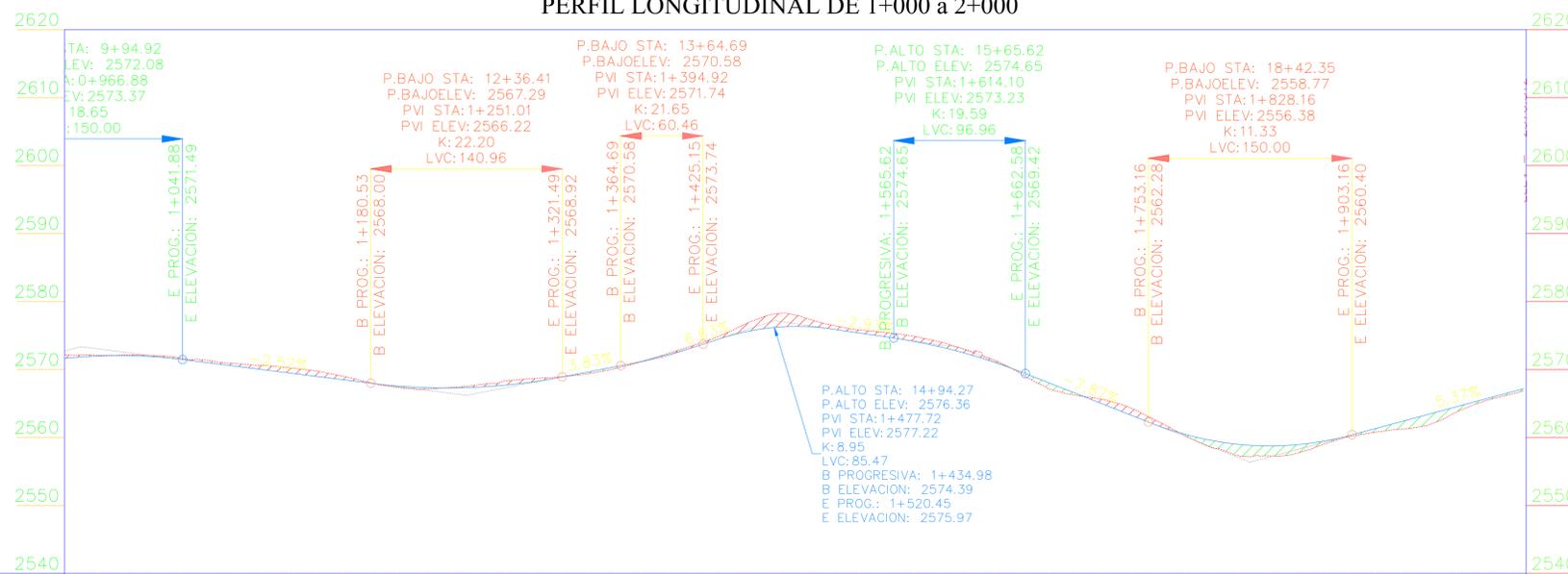


REFERENCIAS

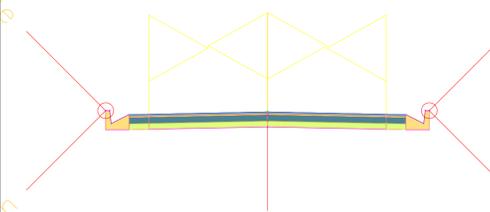
UBICACIÓN EN PLANTA



PERFIL LONGITUDINAL DE 1+000 a 2+000



SECCIÓN



NOTAS

PROGRESIVA	ALTURA CORTE	ALTURA RELLENO
0+980	0.37	
0+980	0.09	
1+000	0.09	
1+020	0.18	
1+040	0.18	
1+060	0.36	
1+080	0.38	
1+100	0.58	
1+120	0.75	
1+140	0.78	
1+160	0.52	
1+180	0.09	0.20
1+200		0.18
1+220		
1+240	0.07	
1+260	0.35	
1+280	0.63	
1+300	0.49	
1+320	0.07	0.24
1+340		0.28
1+360		0.04
1+380		
1+400	0.19	
1+420	0.28	
1+440	0.48	
1+460	1.35	
1+480	2.01	
1+500	1.30	
1+520	0.57	
1+540	0.43	
1+560	0.64	
1+580	0.74	
1+600	0.72	
1+620	0.55	
1+640	0.31	
1+660		0.30
1+680		0.87
1+700		0.25
1+720		
1+740	0.71	
1+760	1.05	
1+780	0.62	
1+800		0.15
1+820		1.05
1+840		1.71
1+860		1.46
1+880		1.36
1+900		0.54
1+920		0.16
1+940		0.53
1+960		1.14
1+980		1.56
2+000		0.77
2+020		0.26
2+020		0.30

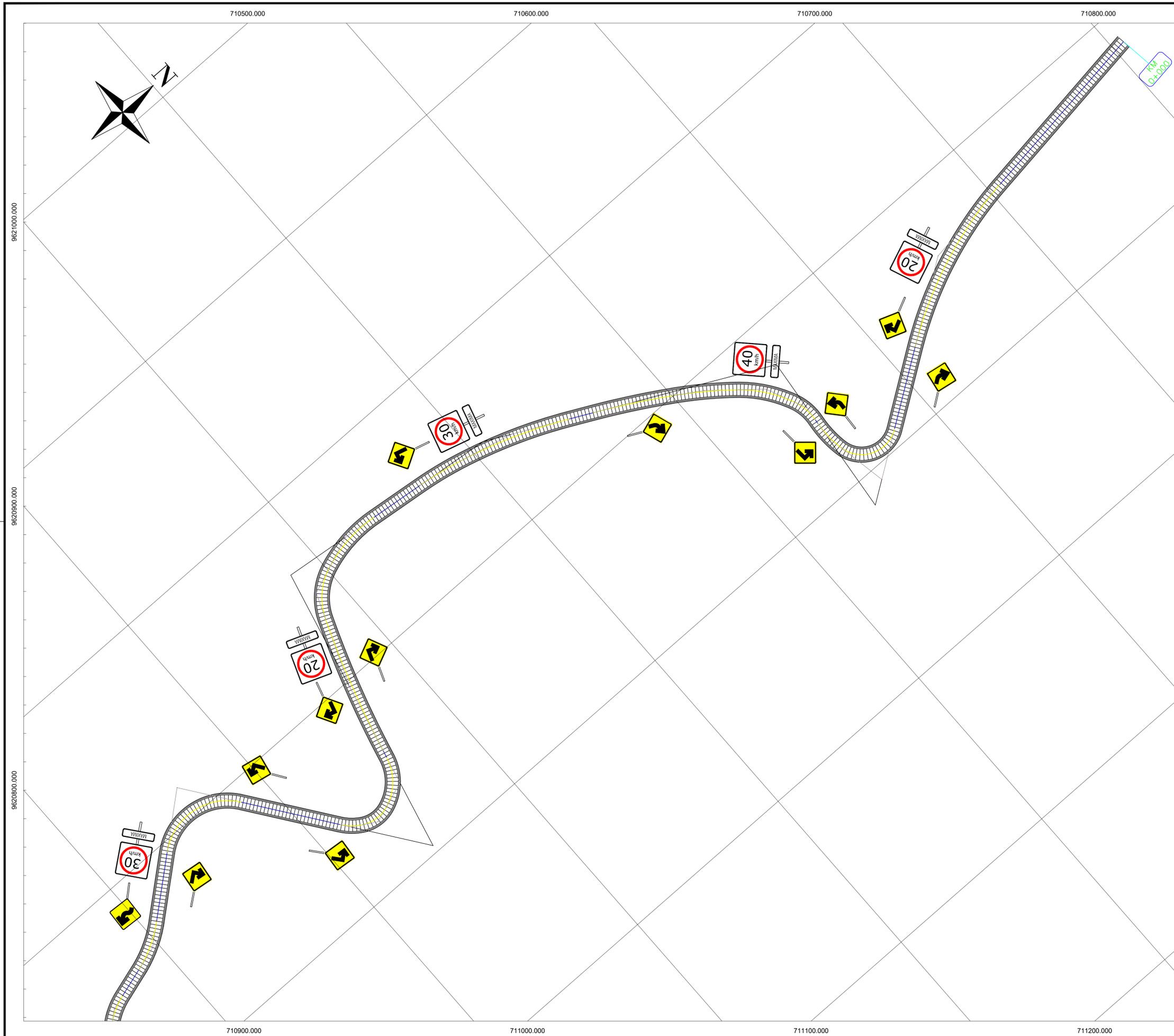
ESCALA: 1:2500

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"

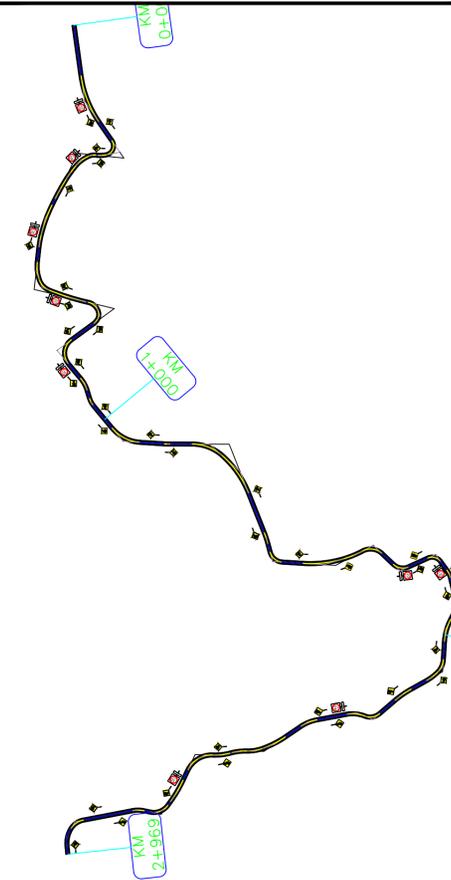
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
DISEÑO
DETALLE DE TRAZADO GEOMÉTRICO
PLANOS
DETALLE EN PLANTA Y PERFIL

DISEÑO: Est. Lady Bolesara Cedula No. 0000	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD: Est. Anjé Sarmento Cedula No. 0000	Ing. Daniel Cárdenas Cedula No. 0000
APROBADO: Ing. _____ Nombre del archivo: SIN OBSERVACIONES Fecha: 02/03/2025	ESCALA: LAS INDICADAS FECHA: ENERO - 2025 DIBUJO: BELESACA - SARMENTO PLANO No.: 02 DE 03	

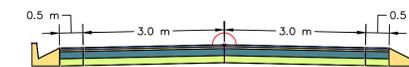


REFERENCIAS

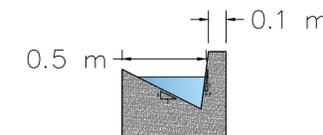
UBICACIÓN EN PLANTA



SECCIÓN Y DIMENSIÓN CALZADA



SECCIÓN Y DIMENSIÓN CUNETETA



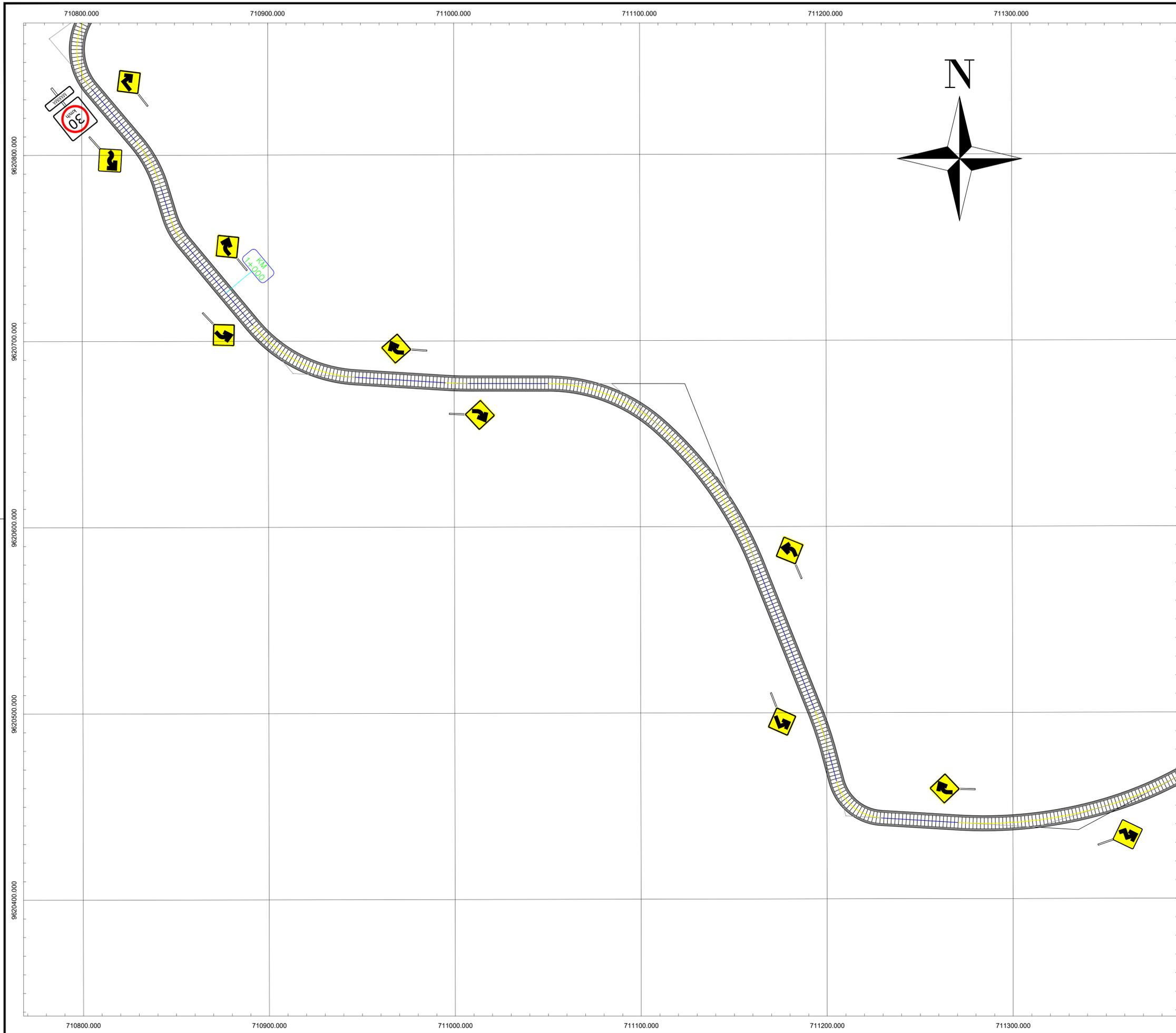
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA



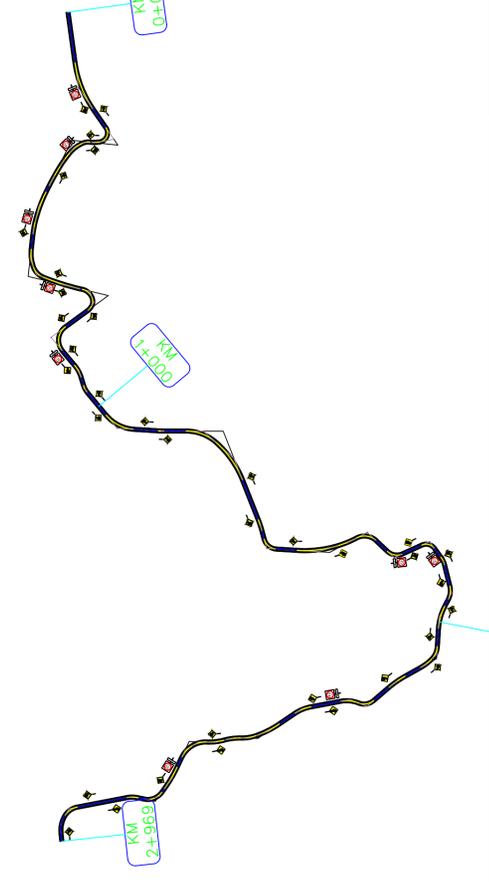
PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
DISEÑO
DETALLE DE SECCIONES
PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN
DETALLE DE SEÑALIZACIÓN

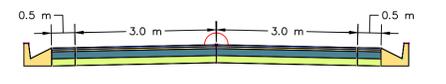
USUARIO:	ESTADISTAS:	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD:
Est. Lady Belesaca	Est. Angie Sarmento	Ing. Daniel Cárdenas
Código No. 0000	Código No. 0000	Código No. 0000
APROBADO:	ESCALA:	FECHA:
Ing. _____	1:1000	ENERO - 2025
Nombre del archivo:	Observaciones:	PLANO No.:
A:\01\trava\cvt	SIN OBSERVACIONES	01 DE 04



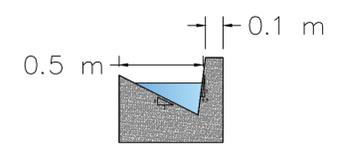
REFERENCIAS
UBICACIÓN EN PLANTA



SECCIÓN



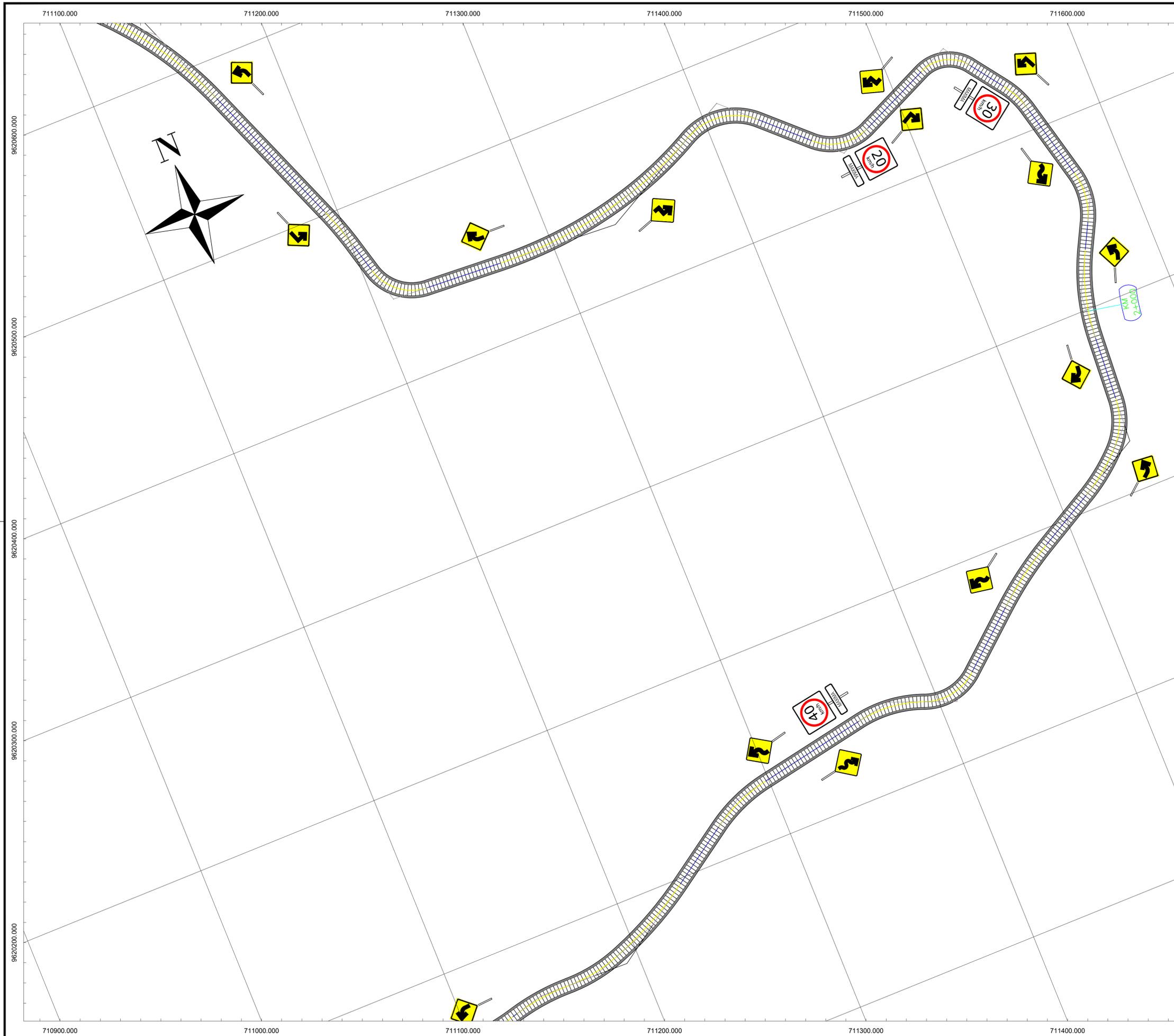
NOTAS



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

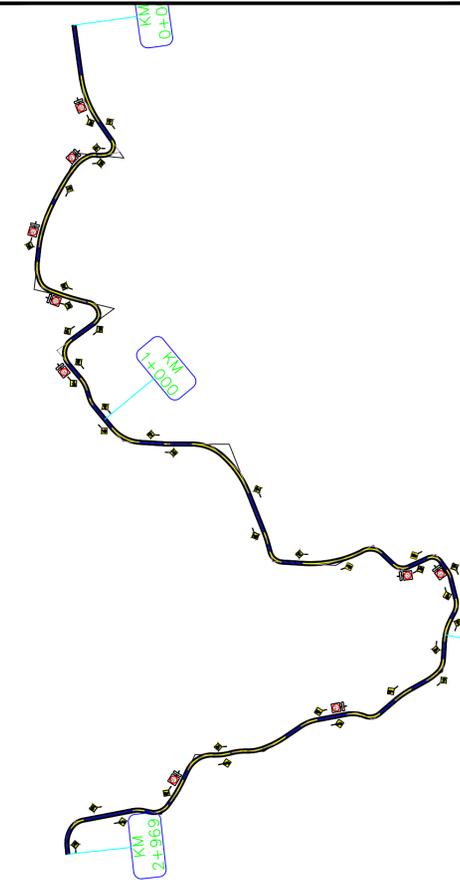
PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
DISEÑO
DETALLE DE SECCIONES
PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN
DETALLE DE SEÑALIZACIÓN

DISEÑO: Est. Lady Belesaca Códula No.: 0000	Est. Anje Sarmiento Códula No.: 0000	Ing. Daniel Cárdenas Códula No.: 0000	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD:
APROBADO: Ing.	ESCALA: 1:1000	FECHA: ENERO - 2025	DIBUJO: BELESACA - SARMIENTO
Nombre del archivo: PL01.rvt	Observaciones: SIN OBSERVACIONES	PLANO No.: 02 DE 04	

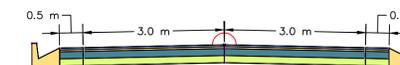


REFERENCIAS

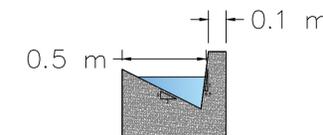
UBICACIÓN EN PLANTA



SECCIÓN



NOTAS



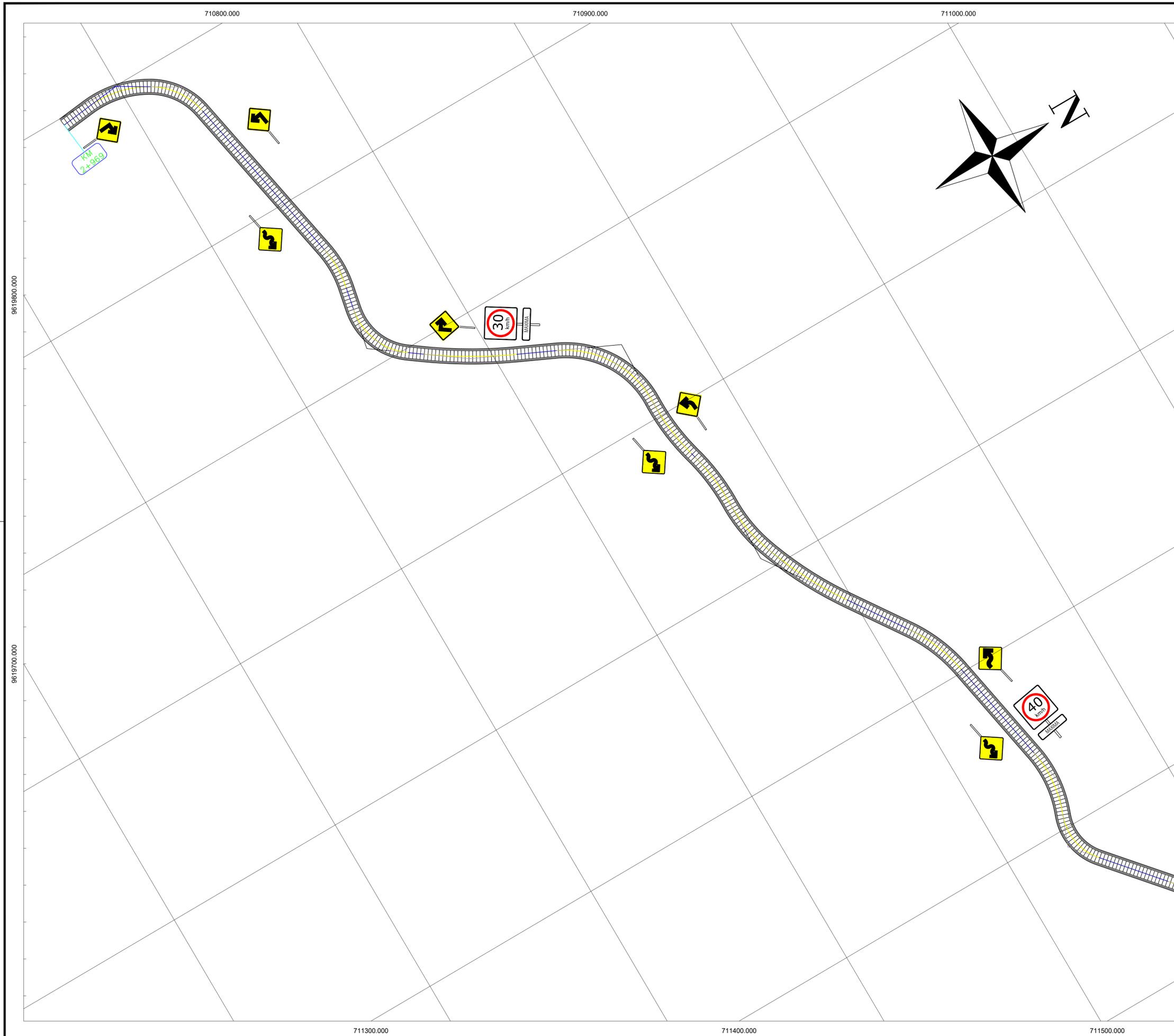
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA



PROYECTO:
"PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"

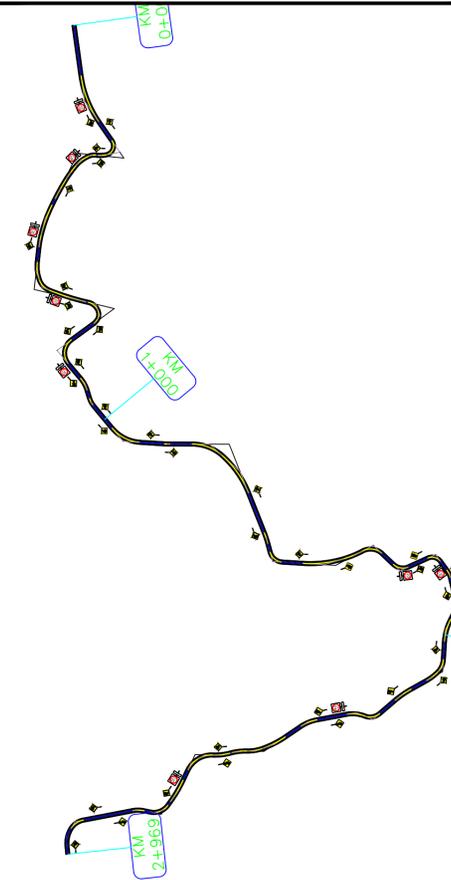
CONTIENE:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
DISEÑO
DETALLE DE SECCIONES
PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN
DETALLE DE SEÑALIZACIÓN

DISEÑO: Est. Lady Belesaca Cédula No. 0000	Est. Anjel Sarmiento Cédula No. 0000	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD: Ing. Daniel Cárdenas Cédula No. 0000
APROBADO: Ing. _____ Nombre del archivo: A:\01\trava\cvt	ESCALA: 1:1000 Observaciones: SIN OBSERVACIONES	FECHA: ENERO - 2025 DIBUJO: BELESACA - SARMIENTO PLANO No.: 03 DE 04

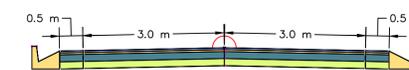


REFERENCIAS

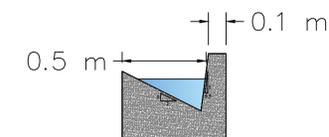
UBICACIÓN EN PLANTA



SECCIÓN



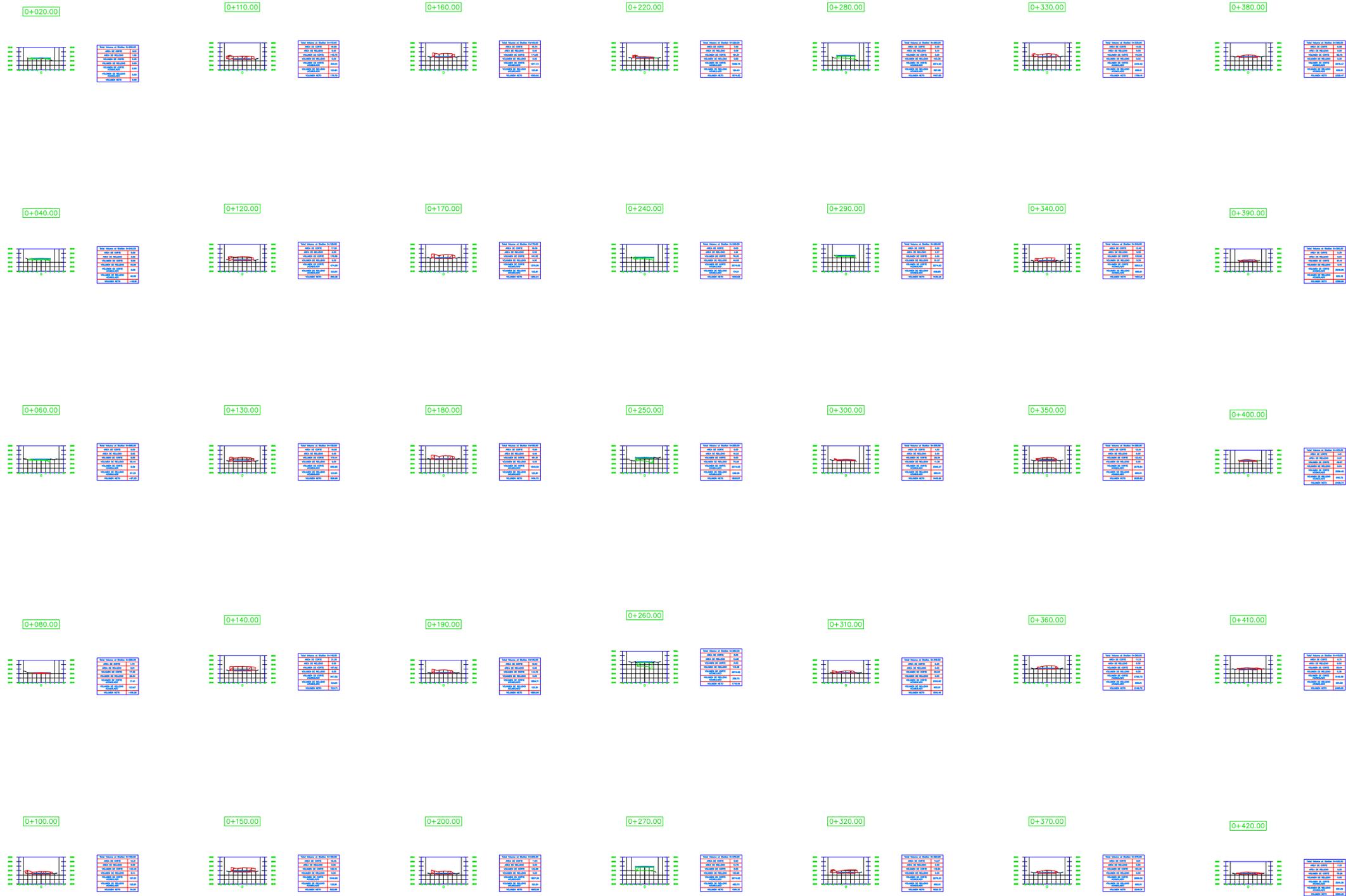
NOTAS



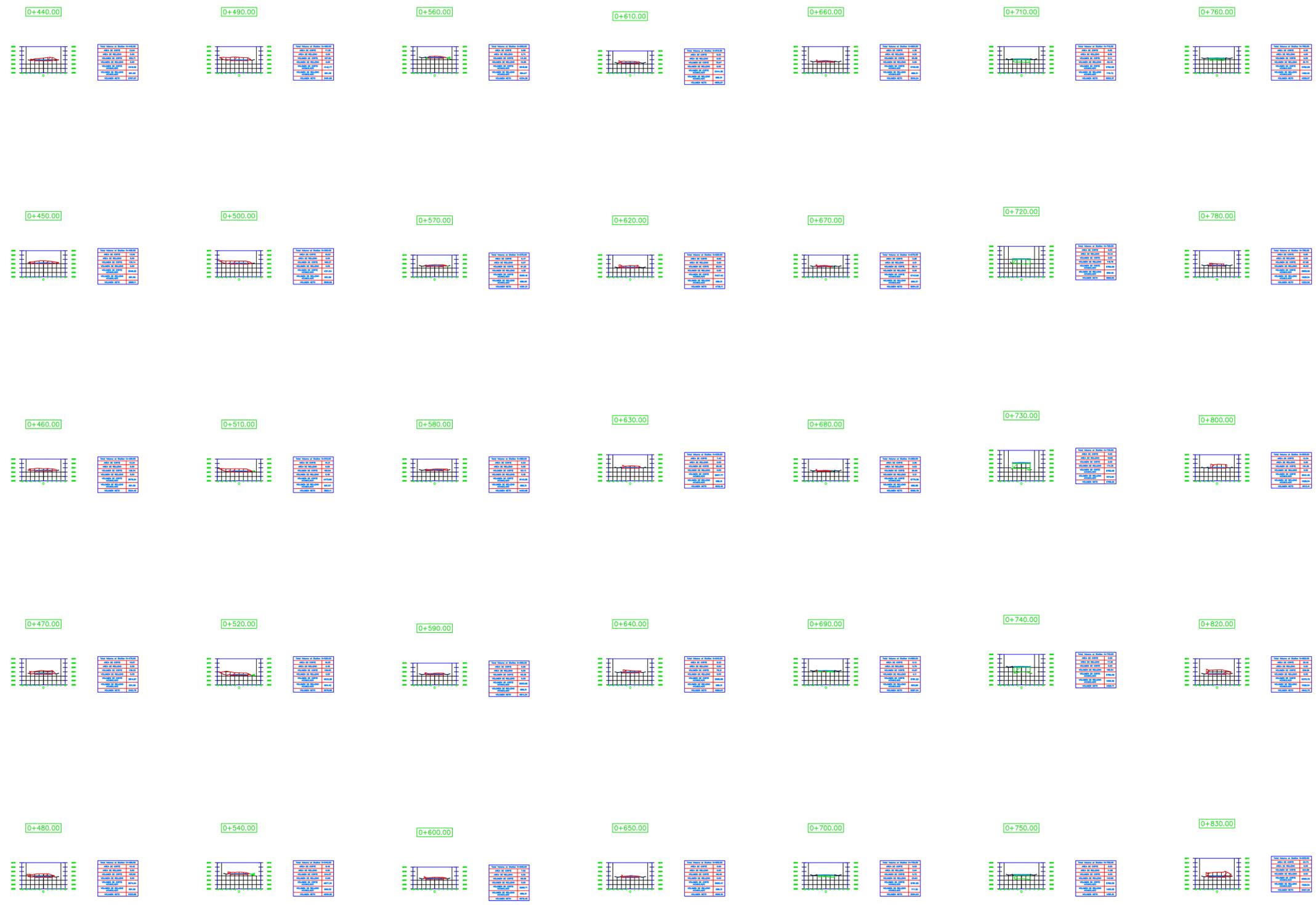
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA



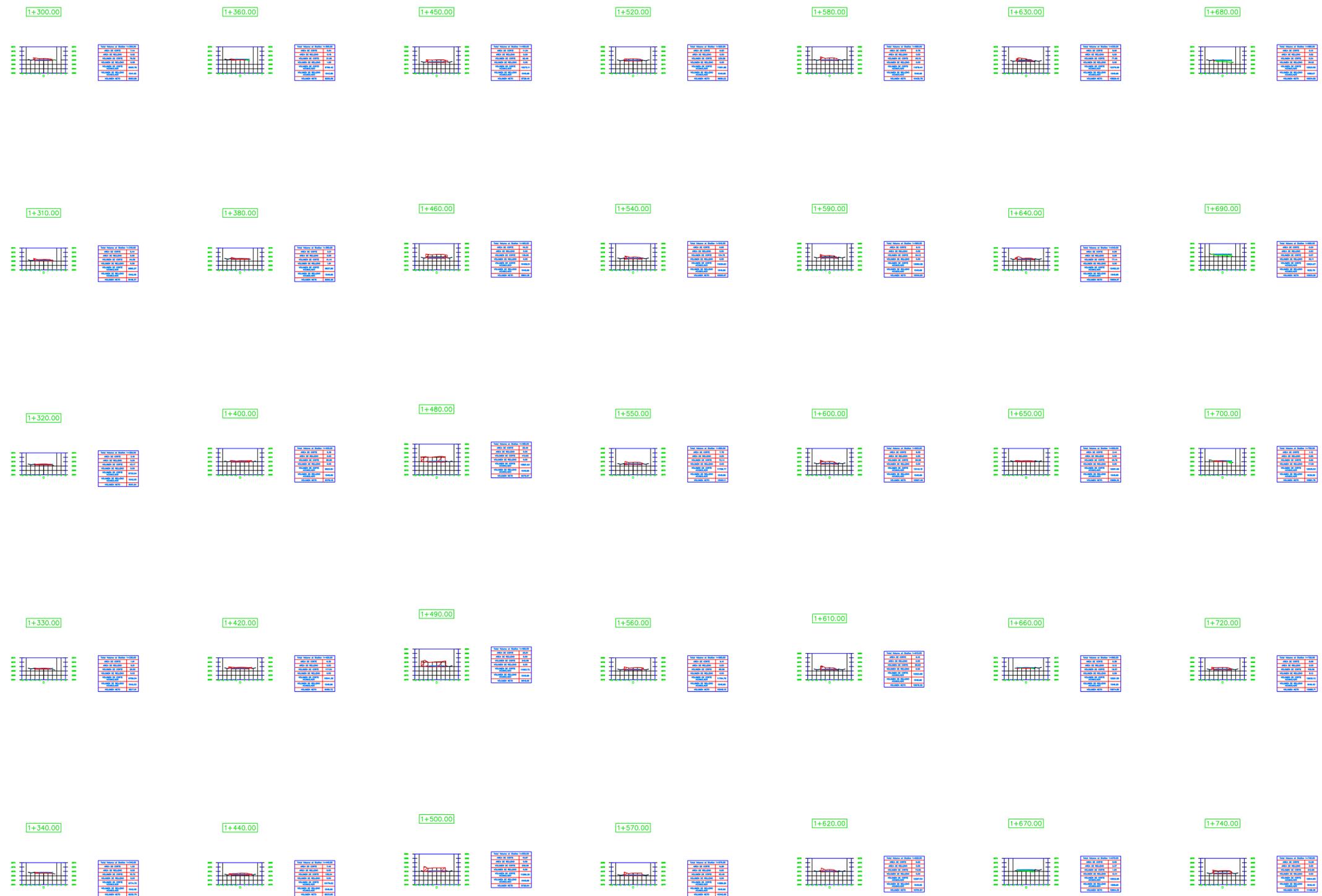
PROYECTO:			
"PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"			
CONTIENE:			
DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL			
DISEÑO			
DETALLE DE SECCIONES			
PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN			
DETALLE DE SEÑALIZACIÓN			
DISEÑO:		REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD:	
Est. Lady Belesaca	Est. Angie Sarmento	Ing. Daniel Cárdenas	
Código No. 0000	Código No. 0000	Código No. 0000	
APROBADO:	ESCALA:	FECHA:	DIBUJO:
Ing. _____	1:1000	ENERO - 2025	BELESACA - SARMENTO
Nombre del archivo:	Observaciones:	PLANO No.:	
A:\01\trava\cvt	SIN OBSERVACIONES	04 DE 04	



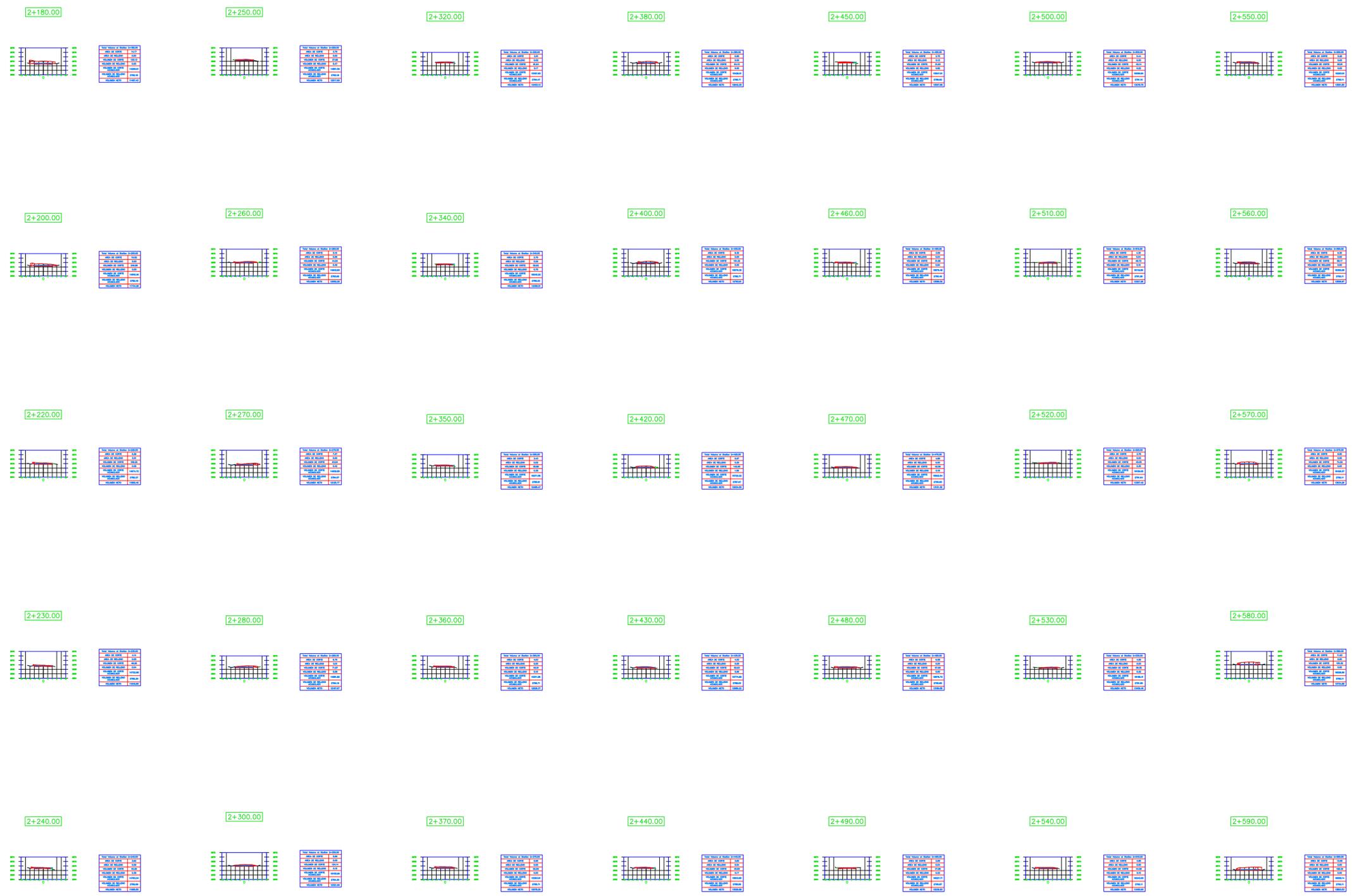
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA			
PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"			
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DISEÑO DETALLE DE SECCIONES PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN SECCIONES			
DISEÑO: Est. Lady Bolesara Cédula No. 00000	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD: Est. Anjlie Sarmento Cédula No. 0000	Ing. Daniel Cárdenas Cédula No. 0000	
APROBADO: Ing. _____ Nombre del archivo: Centro Pinal_0185	ESCALA: 1:1000	FECHA: ENERO - 2025	DIBUJO: BELESACA - SARMENTO PLANO No. 01 DE 07
Observaciones: SIN OBSERVACIONES			



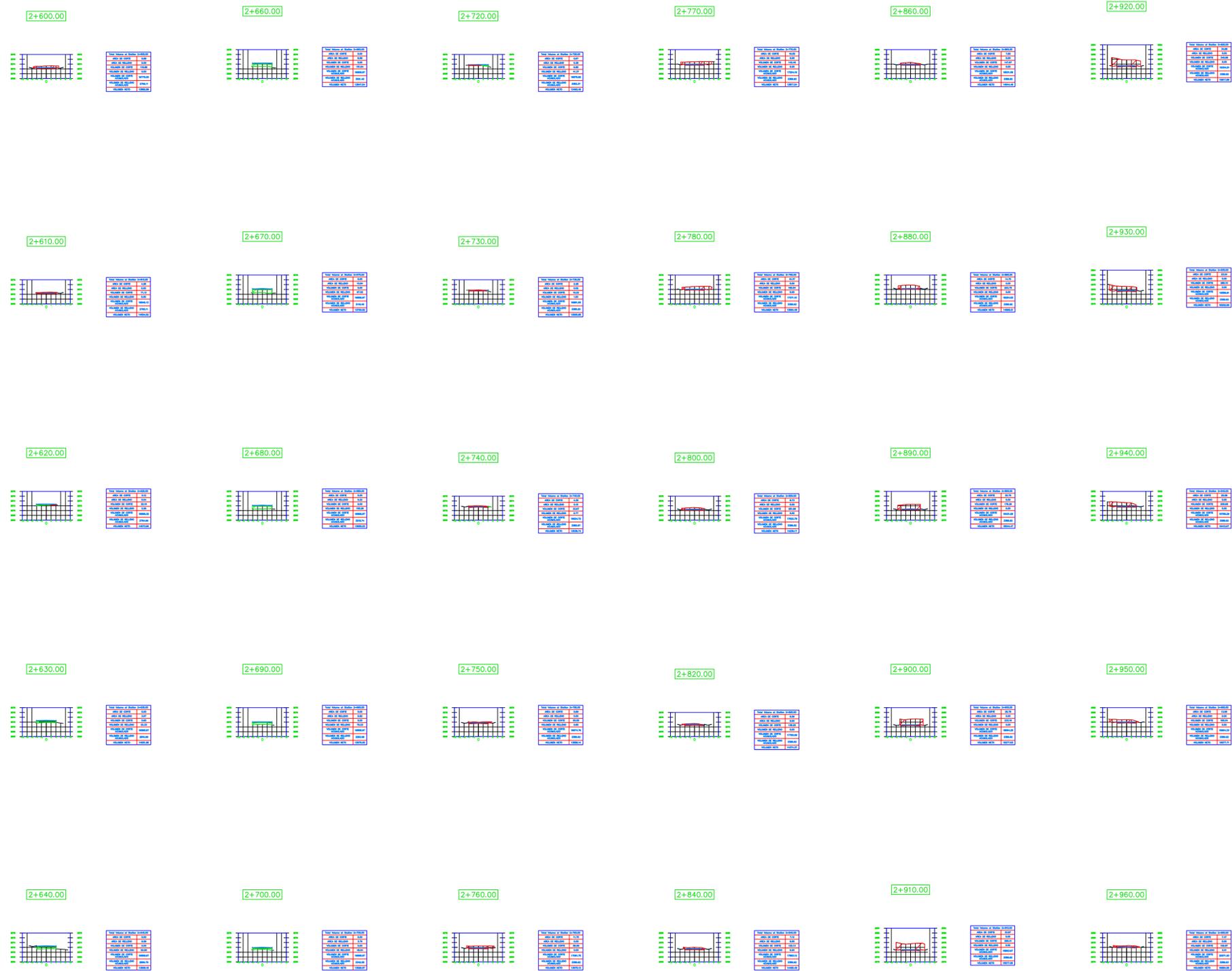
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA			
PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"			
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DISEÑO DETALLE DE SECCIONES PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN SECCIONES			
USUARIO: Est. Lady Bolesaca Cédula No. 00000	Est. Anjelo Sarmento Cédula No. 0000	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD: Ing. Daniel Cárdenas Cédula No. 0000	
APROBADO: Ing. _____ Nombre del archivo: Control Final_0205	ESCALA: 1:1000	FECHA: ENERO - 2025	DIBUJO: BELESACA - SARMENTO PLANO No. 02 DE 07
Observaciones: SIN OBSERVACIONES			



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA			
PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"			
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DISEÑO DETALLE DE SECCIONES PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN SECCIONES			
USUARIO: Est. Lady Bolesaca Cédula No. 00000	Est. Anjel Sarmento Cédula No. 0000	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD: Ing. Daniel Cárdenas Cédula No. 0000	
APROBADO: Ing. _____ Nombre del archivo: C:\Users\lady\Desktop	ESCALA: 1:1000	FECHA: ENERO - 2025	DIBUJO: BELESACA - SARMENTO PLANO No: 04 DE 07
Observaciones: SIN OBSERVACIONES			



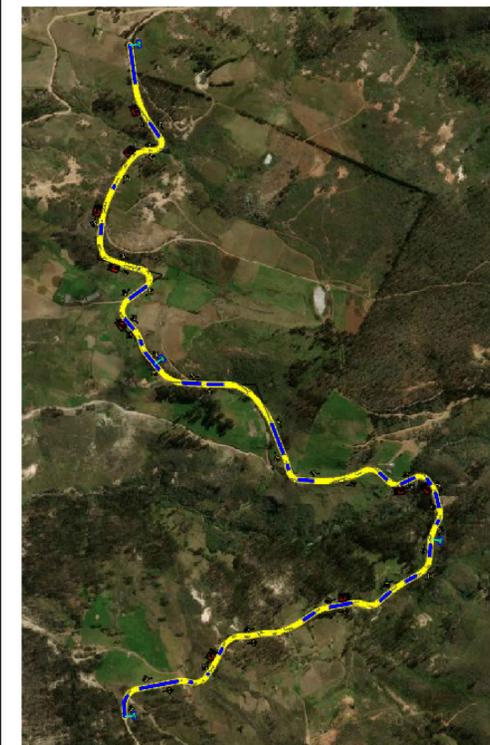
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA			
PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"			
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DISEÑO DETALLE DE SECCIONES PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN SECCIONES			
USUARIO: Est. Lady Bolesaca Cédula No. 00000	Est. Anjel Sarmiento Cédula No. 0000	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD: Ing. Daniel Cárdenas Cédula No. 0000	
APROBADO: Ing. _____	ESCALA: 1:1000	FECHA: ENERO - 2025	DIBUJO: BELESACA - SARMIENTO
Nombre del archivo: Centro Pinal_2025	Observaciones: SIN OBSERVACIONES	PLANO No.: 06 DE 07	



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA			
PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"			
CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL DISEÑO DETALLE DE SECCIONES PLANOS EN PLANTA Y SECCIÓN SECCIONES			
DISEÑO: Est. Lady Bolesara Cédula No. 00000	Est. Ample Sarmiento Cédula No. 0000	REVISADO TUTOR UNIVERSIDAD: Ing. Daniel Cárdenas Cédula No. 0000	
APROBADO: Ing. _____	ESCALA: 1:1000	FECHA: ENERO - 2025	DIBUJO: BELESACA - SARMIENTO
Nombre del archivo: C:\Users\ladybo\Desktop	Observaciones: SIN OBSERVACIONES	PLANO No.: 07 DE 07	

REFERENCIAS

UBICACIÓN EN PLANTA

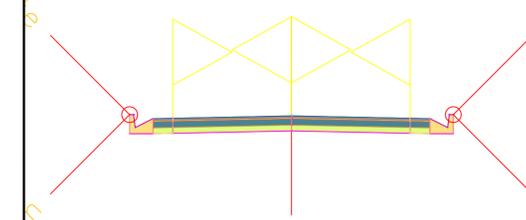


ELEMENTOS DE CURVA : ALINEAMIENTO HORIZONTAL					
NUMERO DE CURVA	RADIO	LONGITUD	DIRECCION	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL
PI: 1	211.40	98.75	S21° 15' 55.72"E	(710830.19,9621406.21)	(710865.68,9621315.03)
PI: 2	18.11	35.94	S22° 12' 47.25"W	(710891.35,9621277.88)	(710879.89,9621249.81)
PI: 3	61.24	18.11	S87° 32' 40.40"W	(710879.89,9621249.81)	(710861.86,9621249.04)
PI: 4	28.40	15.05	S80° 49' 50.85"W	(710859.50,9621249.28)	(710844.81,9621246.91)
PI: 5	70.98	31.82	S52° 48' 04.24"W	(710844.81,9621246.91)	(710819.67,9621227.83)
PI: 6	239.19	33.83	S35° 54' 19.04"W	(710819.67,9621227.83)	(710799.85,9621200.46)
PI: 7	469.54	43.96	S29° 10' 17.18"W	(710799.85,9621200.46)	(710778.43,9621162.08)
PI: 8	279.80	63.07	S20° 01' 53.89"W	(710772.54,9621150.26)	(710750.98,9621091.14)
PI: 9	200.00	24.77	S10° 01' 36.32"W	(710750.98,9621091.14)	(710746.67,9621066.76)
PI: 10	75.52	36.58	S7° 23' 48.60"E	(710743.29,9621037.05)	(710747.96,9621001.12)
PI: 11	34.00	27.94	S44° 49' 12.24"E	(710747.96,9621001.12)	(710767.11,9620981.85)
PI: 12	535.50	76.84	S72° 28' 41.14"E	(710767.11,9620981.85)	(710840.32,9620958.74)
PI: 13	27.78	27.86	S47° 51' 45.47"E	(710844.47,9620957.75)	(710864.27,9620939.83)
PI: 14	18.93	16.35	S5° 36' 17.51"W	(710864.27,9620939.83)	(710862.73,9620924.06)
PI: 15	28.81	11.86	S42° 08' 21.25"W	(710862.73,9620924.06)	(710854.83,9620915.33)
PI: 16	32.61	53.52	S6° 55' 24.19"W	(710810.83,9620883.29)	(710805.08,9620835.93)
PI: 17	68.58	27.82	S28° 28' 02.16"E	(710829.21,9620807.26)	(710842.38,9620782.97)
PI: 18	40.05	15.98	S28° 16' 33.89"E	(710847.12,9620767.33)	(710854.64,9620753.35)
PI: 19	77.70	63.34	S63° 03' 20.75"E	(710891.88,9620708.49)	(710946.80,9620680.58)
PI: 20	200.00	11.99	S88° 07' 30.76"E	(710995.49,9620677.52)	(711007.47,9620677.13)

ELEMENTOS DE CURVA : ALINEAMIENTO HORIZONTAL					
NUMERO DE CURVA	RADIO	LONGITUD	DIRECCION	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL
PI: 21	90.06	65.16	S69° 06' 57.25"E	(711050.64,9620677.01)	(711110.19,9620654.29)
PI: 22	197.59	92.29	S35° 00' 29.86"E	(711110.19,9620654.29)	(711162.66,9620579.38)
PI: 23	200.00	23.50	S18° 15' 36.78"E	(711193.70,9620501.10)	(711201.06,9620478.80)
PI: 24	26.50	33.12	S50° 41' 42.94"E	(711205.25,9620463.02)	(711229.24,9620443.38)
PI: 25	233.32	82.19	N83° 24' 41.23"E	(711270.69,9620440.84)	(711351.91,9620450.22)
PI: 26	200.00	39.64	N67° 38' 30.36"E	(711351.91,9620450.22)	(711388.51,9620465.28)
PI: 27	33.51	41.76	S82° 20' 07.89"E	(711388.51,9620465.28)	(711427.27,9620460.06)
PI: 28	27.41	32.44	S80° 32' 21.99"E	(711449.59,9620438.98)	(711479.75,9620433.95)
PI: 29	20.70	28.32	S75° 15' 15.80"E	(711517.77,9620451.23)	(711543.08,9620444.57)
PI: 30	46.10	17.76	S25° 01' 45.56"E	(711555.66,9620427.29)	(711563.13,9620411.30)
PI: 31	38.40	27.71	S6° 40' 48.83"W	(711573.37,9620370.21)	(711570.21,9620343.28)
PI: 32	114.43	47.57	S15° 26' 45.63"W	(711563.35,9620330.01)	(711550.77,9620284.49)
PI: 33	38.34	28.18	S24° 35' 28.42"W	(711548.65,9620250.18)	(711537.19,9620225.13)
PI: 34	106.91	28.36	S53° 14' 44.26"W	(711537.19,9620225.13)	(711514.53,9620208.21)
PI: 35	200.00	39.73	S55° 09' 17.29"W	(711484.63,9620191.53)	(711452.07,9620168.87)
PI: 36	29.03	31.44	S80° 29' 06.66"W	(711422.32,9620143.42)	(711392.81,9620138.48)
PI: 37	65.77	36.89	N84° 33' 35.94"W	(711392.79,9620138.48)	(711356.55,9620141.93)
PI: 38	86.40	35.29	S67° 40' 18.55"W	(711298.03,9620130.95)	(711265.61,9620117.64)
PI: 39	200.00	51.83	S63° 23' 38.60"W	(711235.18,9620097.09)	(711188.97,9620073.94)
PI: 40	84.70	30.21	S81° 02' 15.57"W	(711188.97,9620073.94)	(711159.28,9620069.26)

ELEMENTOS DE CURVA : ALINEAMIENTO HORIZONTAL					
NUMERO DE CURVA	RADIO	LONGITUD	DIRECCION	PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL
PI: 41	115.68	31.38	S83° 29' 10.55"W	(711159.28,9620069.26)	(711128.20,9620065.71)
PI: 42	123.30	34.65	S83° 45' 58.27"W	(711125.39,9620065.00)	(711091.05,9620061.25)
PI: 43	52.22	30.14	S75° 16' 55.83"W	(711091.04,9620061.25)	(711062.30,9620053.70)
PI: 44	53.49	31.35	S41° 57' 22.28"W	(711062.30,9620053.70)	(711041.64,9620030.72)
PI: 45	261.17	49.76	S30° 37' 27.72"W	(711032.47,9620011.21)	(711007.16,9619968.46)
PI: 46	33.77	18.65	S51° 54' 13.68"W	(711002.10,9619961.51)	(710987.61,9619950.15)
PI: 47	34.62	20.56	S84° 44' 02.59"W	(710987.61,9619950.15)	(710967.44,9619948.29)
PI: 48	60.14	23.73	N89° 33' 42.08"W	(710955.41,9619950.79)	(710931.84,9619950.97)
PI: 49	37.24	31.25	S55° 05' 39.32"W	(710834.77,9619932.34)	(710809.88,9619914.97)
PI: 50	54.95	35.76	S12° 24' 56.26"W	(710809.88,9619914.97)	(710802.33,9619880.67)

SECCIÓN



NOTAS

Area reserved for project notes.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

PROYECTO: "PROYECTO TÉCNICO DE TITULACIÓN"

CONTIENE: DISEÑO GEOMÉTRICO Y ESTRUCTURAL
DISEÑO
DETALLE DE TRAZADO GEOMÉTRICO
PLANOS EN PLANTA
TABLAS CON DETALLES DE LAS CURVAS

USUARIO:	Est. Lady Belesaca	Est. Anje Sarmiento	Ing. Daniel Cárdenas
CODIGO:	0000	0000	0000
APROBADO:	Ing. _____	Ing. _____	Ing. _____
ESCALA:	1:1000	ENERO - 2025	BELESACA - SARMIENTO
Nombre del archivo:	SIN OBSERVACIONES	PLANO No:	01 DE 01