



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO VIAL DE LA AVENIDA PRINCIPAL DEL RECINTO

SAN ISIDRO, CANTÓN GUAYAQUIL

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Civil

AUTORES: Mónica Waleska Proaño Suárez

John Antonio Acosta Villamar

TUTOR: Ing. Fausto Francisco Cabrera Moran, MSC.

Guayaquil-Ecuador

2025

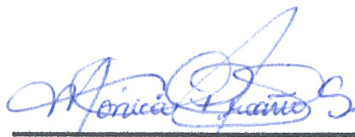
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Mónica Waleska Proaño Suárez con documento de identificación
N°0941450827 y John Antonio Acosta Villamar con documento de identificación
N°0932263593; manifestamos que:

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

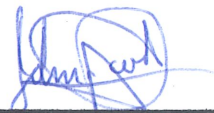
Guayaquil, 17 de enero del 2025

Atentamente,



Mónica Waleska Proaño Suárez

C.I 0941450827



John Antonio Acosta Villamar

C.I 0932263593

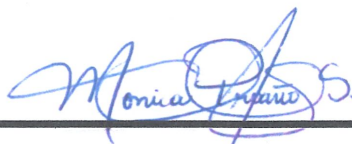
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Mónica Waleska Proaño Suárez con documento de identificación N°0941450827 y John Antonio Acosta Villamar con documento de identificación N°0932263593; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico de titulación: “DISEÑO VIAL DE LA AVENIDA PRINCIPAL DEL RECINTO SAN ISIDRO, CANTÓN GUAYAQUIL”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera e 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.

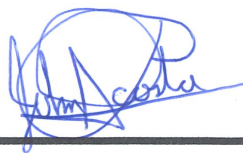
Guayaquil, 17 de enero del 2025

Atentamente,



Mónica Waleska Proaño Suárez

C.I 0941450827



John Antonio Acosta Villamar

C.I 0932263593

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Fausto Francisco Cabrera Morán, Msc. con documento de identificación N.º0919755272, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO VIAL DE LA AVENIDA PRINCIPAL DEL RECINTO SAN ISIDRO, CANTÓN GUAYAQUIL, realizado por Mónica Waleska Proaño Suárez con documento de identificación N°0941450827 y John Antonio Acosta Villamar con documento de identificación N°0932263593, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de proyecto técnico que cumple todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 17 de enero del año 2025



Ing. Fausto Francisco Cabrera Morán, Msc.

C.I 0919755272

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis lo dedico con mucho cariño a mis padres, Marjorie y Rodolfo quienes han sido mi compañía en cada paso que he dado a lo largo de mi vida, apoyando la decisión de estudiar esta carrera y que ahora recibirán con mucho amor y orgullo la obtención de este título a mi lado.

Quiero dedicarlo también a mi hermano mayor, mis tíos y abuelos maternos quienes me han visto cursar todo este período académico y me han brindado su ayuda cuando lo he necesitado.

A mis hermanitos menores Santy y Alejito, de quienes espero ser su guía y ejemplo a seguir, por quienes me esfuerzo cada día esperando poder apoyarlos y acompañarlos en cada una de las metas que consigan.

Finalmente, dedico este trabajo a Dios por poner a las personas correctas en mi camino, por darme la fortaleza que necesitaba durante los obstáculos que se presentaron y jamás dejarme perder la fe de que podía llegar a esta meta.

A todos ustedes, este trabajo y título es tanto de ustedes como mío.

Mónica Waleska Proaño Suárez

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación quiero dedicárselo a mi madre quien estuvo conmigo en este proceso tan importante para mí, quien supo salir adelante sola y brindarme todas las oportunidades posibles que tuvo en sus manos, todo para darme un futuro prometedor y mi sueño de ser un profesional.

También quiero dedicársela a mis abuelos, Pedro y Patricia quienes me criaron y cuidaron, forjando los valores que me harán un excelente profesional, dándome consejos y fuerzas para seguir adelante en mis estudios, haciéndome dar cuenta que no está mal que sea un poco difícil.

A mis tíos y primos que considero como hermanos quienes me apoyaron a seguir adelante, brindándome su ayuda en este largo proceso, que nunca me negaron un favor, entre ellos mi tío David quien me inculco el gusto por la construcción y me dio mi primera oportunidad de trabajo el cual influyo en enfocarme en esta carrera tan hermosa como lo es la ingeniería civil.

También quiero dedicarle este nuevo logro a mi enamorada Allison que me dio su apoyo incondicional, quien se quedó conmigo en las madrugadas por distintas actividades de la universidad y quien me ha visto crecer en mis estudios desde el colegio.

Por último, pero no menos importante a Dios quien me guio en el camino correcto y me dio fuerza de voluntad y sabiduría para seguir adelante.

John Antonio Acosta Villamar

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a mi grupo de estudio, Fernando, Milton y Kevin, quienes durante estos años no solo fueron mis compañeros de clase, sino que se volvieron mis amigos, sin su apoyo incondicional no hubiera llegado hasta aquí, nunca me alcanzaré la vida para poder agradecerles toda la ayuda que me brindaron.

Quiero agradecer a mis docentes, pero de forma principal a mi tutor y director el Ing. Fausto Cabrera quien siempre depositó su confianza en mí siendo el guía que necesitaba, al Ing. Jorge Morán que a pesar del corto plazo nos dedicó su tiempo y ayuda en todo lo que se requería para la elaboración de este proyecto.

Agradezco a mi compañero de tesis, John Acosta que a pesar de todas las dificultades en el camino sacamos adelante este proyecto y ha convertido este proceso en lo que será una linda anécdota en mi vida.

Agradezco de forma particular a mis grandes amigos Majito Tamayo, Anthony Rivera y Brian Castillo que, con su ayuda brindada en más de una ocasión de distintas maneras, he podido continuar con mis estudios, gracias por todo.

A mis compañeros de trabajo que, en estas últimas semanas, me han alentado y dado todas las buenas vibras que he necesitado para seguir.

A mi mascota Chanelita por acompañarme más de una noche y brindarme un cariño especial e incondicional cuando me he sentido desconsolada.

Finalmente, a todos esos amigos que esta universidad me dio a través de los años, gracias, por tanto.

Mónica Waleska Proaño Suárez

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecerle en primer lugar a mis amigas Mayra y GERALYNE con quien desde el principio de la carrera empezamos a realizar trabajos en grupos y a la final terminamos siendo grandes amigos, apoyándonos unos a los otros, sabiendo que podíamos contar con el otro, ya sea para tareas o problemas personales, siempre estuvieron ahí, gracias chicas por su ayuda, su amistad, por tantos trabajos que compartimos y que siempre logramos sobresalir.

Al Ing. Fausto Cabrera quien me tuvo confianza para poder demostrar todo lo aprendido en clases, y quien se preocupaba por nosotros aun cuando dejo de ser nuestro docente, al Ing. Jorge Moran quien nos ayudó en un momento donde veíamos difícil sacar este proyecto adelante, gracias por su apoyo y ayuda.

Quiero agradecer a mi compañera de tesis, Mónica que sin importar todas las dificultades que tuvimos, se pudo solucionar todas y cada una de ellas y lograr la culminación de este proyecto.

Por último, agradecerles a todas esas personas que en algún momento necesite de ellas y me ayudaron sin necesidad de recibir algo a cambio.

John Antonio Acosta Villamar

Resumen

La presente investigación se centra en un análisis exhaustivo de la ingeniería civil en el campo de diseño vial, con el objetivo de optimizar el diseño, la operación y la gestión de las infraestructuras viales. A través de una revisión exhaustiva de la literatura científica y la aplicación de metodologías de investigación cuantitativa y cualitativa, se ha abordado un conjunto de temas interrelacionados que contribuyen a una comprensión integral de la problemática del tráfico.

Para iniciar este trabajo de tesis, se ha llevado a cabo un análisis detallado del tráfico, mediante la recopilación y el procesamiento de datos de campo. Se han utilizado técnicas de conteo vehicular, clasificación de vehículos y medición de parámetros de flujo para caracterizar el comportamiento del tráfico en diferentes condiciones. Los resultados obtenidos han servido como base para la identificación de cuellos de botella, la evaluación de la capacidad vial y la propuesta de medidas de mitigación de la congestión.

De forma continua, se ha abordado el tema de la capacidad vial, explorando los diferentes métodos y modelos utilizados para determinar el máximo flujo vehicular que una carretera puede soportar sin experimentar congestionamientos. Se han considerado factores como las características geométricas de la vía, las condiciones climáticas, el tipo de vehículos y los patrones de demanda. Los resultados obtenidos han permitido establecer los niveles de servicio de las vías y evaluar la necesidad de realizar mejoras en la infraestructura. Esta investigación ha proporcionado una visión integral de los principales aspectos de la ingeniería de tráfico y los datos obtenidos a lo largo del proyecto contribuyen a una mejor comprensión de los factores que influyen en el comportamiento del tráfico y ofrecen herramientas y metodologías para el diseño y la gestión de sistemas viales más eficientes y seguros.

Abstract

This research focuses on a comprehensive analysis of civil engineering in the field of road design, with the aim of optimizing the design, operation and management of road infrastructures. Through a thorough review of the scientific literature and the application of quantitative and qualitative research methodologies, a set of interrelated issues have been addressed that contribute to a comprehensive understanding of traffic problems.

To begin this thesis work, a detailed traffic analysis has been carried out, through the collection and processing of field data. Vehicle counting, vehicle classification and flow parameter measurement techniques have been used to characterize traffic behavior under different conditions. The results obtained have served as a basis for the identification of bottlenecks, the evaluation of road capacity and the proposal of congestion mitigation measures.

On an ongoing basis, the issue of road capacity has been addressed, exploring the different methods and models used to determine the maximum vehicular flow that a road can support without experiencing congestion. Factors such as road geometric characteristics, weather conditions, vehicle type and demand patterns have been considered. The results obtained have allowed establishing road service levels and assessing the need for infrastructure improvements. This research has provided a comprehensive view of the main aspects of traffic engineering and the data obtained throughout the project contribute to a better understanding of the factors that influence traffic behaviour and offer tools and methodologies for the design and management of more efficient and safer road systems.

SIMBOLOGIA

σ : Esfuerzo

ϵ : Deformación

E: Módulo de elasticidad

ν : Coeficiente de Poisson

CBR: Índice de California (California Bearing Ratio)

MR: Módulo de reacción

h: Espesor de la capa

ρ : Densidad

W₁₈: Número total de aplicaciones de carga equivalente de un eje simple de 18,000 libras (80 kN) durante la vida útil del pavimento.

Z_R: Valor z que corresponde al nivel de confiabilidad especificado (normalmente entre 1.28 y 2.33 para confiabilidades del 80% al 99%).

S_o: Desviación estándar combinada, que varía entre 0.35 y 0.50 dependiendo del tipo de proyecto y la variabilidad esperada.

SN: Número estructural del pavimento, que depende de los espesores y los coeficientes de capacidad estructural de las capas.

Δ PSI: Pérdida permisible en el índice de servicio, calculada como PSI_{inicial} - PSI_{final}.

MR: Módulo de resiliencia del suelo subrasante (en psi), que mide la capacidad de recuperación elástica del suelo bajo cargas repetidas.

ABREVIATURAS

Tf= Trafico Futuro

Ta= Trafico anual

I= Tasa de crecimiento

N= Número de años de la proyección (20 años)

TPDA= Tráfico promedio diario anual

Dn= Días normales entre semana (Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes)

De= Días restantes o feriados (Sábado y Domingo)

m= Numero de días que se contabilizaron

Contenido

1.	Planteamiento del problema.....	24
2.	Ubicación.....	25
2.1.	Fotografías actuales de la vía de estudio.....	25
3.	Objetivos.....	26
3.1.	Objetivo General.....	26
3.2.	Objetivos Específicos.....	26
4.	Justificación	27
5.	Hipótesis	28
6.	Marco Teórico.....	28
6.1.	Introducción al Diseño Vial.....	28
6.1.1.	Concepto de diseño vial	28
6.1.2.	Importancia del diseño vial	29
6.1.3.	Elementos básicos del diseño vial.....	29
6.2.	Pavimentos.....	30
6.2.1.	Concepto de pavimento.....	30
6.3.	Tipos de pavimentos	30
6.3.1.	Pavimentos flexibles	30
6.3.2.	Pavimento rígido	32
6.3.3.	Pavimento articulado.....	34
6.4.	Tipos de terreno	36
6.4.1.	Terreno plano (tipo 1)	36

6.4.2. Terreno ondulado (tipo 2)	36
6.4.3. Terreno accidentado (tipo 3)	37
6.4.4. Terreno escarpado (tipo 4)	37
6.5. Volumen de transito	37
6.5.1. Tránsito promedio diario (TPDA)	37
6.5.2. Volumen de la hora pico	38
6.5.3. Volumen horario de diseño (VHD)	38
6.5.4. Proyección del tránsito	38
6.5.5. Pavimentos flexibles	39
6.5.5.1. Características y composición	39
6.5.5.2. Ventajas y desventajas	39
6.5.5.3. Aplicaciones	40
6.5.6. Diseño de pavimentos flexibles	40
6.5.6.1. Métodos de diseño	40
6.5.6.2. Forma de distribución de la carga en un pavimento flexible	41
6.5.6.3. Normativa aplicable	43
6.6. Forma geométrica de cada solicitud sobre el pavimento, área de contacto y reparto de presiones sobre la misma	43
6.7. Geotecnia en el Diseño Vial	44
6.7.1. Estudio de suelos	44
6.7.2. Propiedades geotécnicas	45
6.7.3. Diseño de la subrasante y base	45

6.8.	Drenaje en Carreteras.....	46
6.8.1.	Importancia del drenaje.....	46
6.8.2.	Diseño del sistema de drenaje.....	46
6.8.3.	Materiales y estructuras de drenaje.....	47
6.9.	Seguridad vial	47
6.9.1.	Conceptos básicos de seguridad vial.....	47
6.9.2.	Elementos de seguridad vial en el diseño	48
6.9.3.	Normas de seguridad vial.....	48
6.10.	Impacto Ambiental.....	49
6.10.1.	Evaluación del impacto ambiental	49
6.10.2.	Medidas de mitigación	49
6.10.3.	Legislación ambiental	50
6.11.	Diseño Geométrico	50
6.11.1.	Alineación horizontal.....	50
6.11.2.	Perfil vertical.....	51
6.11.3.	Sección transversal.....	51
6.12.	Señalización Vial	52
6.12.1.	Tipos de señalización	52
6.12.2.	Diseño de la señalización.....	52
6.12.3.	Normativa de señalización	53
6.13.	Estudios de Tráfico	53

6.13.1.	Volumen y composición del tráfico	53
6.13.2.	Diseño de la capacidad vial.....	54
6.13.3.	Modelos de simulación de tráfico	54
6.14.	Tipos de pavimentos	55
6.14.1.	Principios de diseño	55
7.	Marco metodológico	56
7.1.	Levantamiento topográfico	57
7.1.1.	Descripción	57
7.1.2.	Instrumentos para levantamiento topográfico	58
7.1.3.	Herramientas para levantamiento topográfico	58
7.1.4.	Consideraciones generales	58
7.2.	Estudio de suelo	59
7.2.1.	Calicata.....	59
7.2.2.	Toma de muestras	59
7.3.	Ensayos de suelo	60
7.3.1.	Ensayo de granulometría.....	60
7.3.2.	Ensayo de humedad.....	60
7.3.3.	Ensayo de límite líquido y plástico	60
7.3.4.	Ensayo de CBR	60
7.3.5.	Ensayo de módulo de resiliencia.....	61
8.	Desarrollo del proyecto.....	61

8.1.	Levantamiento topográfico	61
8.2.	Conteo vehicular	70
8.3.	Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)	70
8.4.	Cálculo del promedio diario semanal	70
8.5.	Factor de ajuste mensual (F_m)	71
8.6.	Factor de ajuste diario (F_d)	72
8.7.	Cálculo del tráfico asignado	72
8.8.	Clasificación de la vía	73
8.9.	Estudio de suelo	73
8.10.	Ensayo de contenido de humedad	74
8.11.	Ensayo de agregados	74
8.12.	Ensayo Granulométrico	75
8.13.	Ensayo de Atterberg	81
8.14.	Ensayo Proctor modificado	82
8.15.	Ensayo CBR	86
	CBR CALICATA 1	93
	CBR CALICATA 2	93
8.16.	CBR de diseño	93
8.17.	Diseño geométrico	94
8.18.	Diseño de pavimento	94
8.19.	Método AASHTO 93	94

8.20.	ESAL`S	96
8.21.	Tipo de trafico.....	97
8.22.	Módulo de Resiliencia (Mr).....	97
8.23.	Confiabilidad (R)	98
8.24.	Desviación estándar (Zr).....	98
8.25.	Desviación estándar (SO)	99
8.26.	Indice de servicialidad (PSI)	100
8.26.1.	Servicialidad incial (Pi).....	100
8.26.2.	Servicialidad final o terminal.	100
8.26.3.	Variación de servicialidad.....	101
8.27.	Numero estructural requerido (SNR).....	101
8.27.1	Factor estructural.....	102
8.27.2.	coeficiente de drenaje.....	104
8.27.3.	Calculo del SNR requerido	105
9.	Análisis de resultados	106
9.1.	Resultados topográficos.....	106
9.2.	Estudio de TPDA	106
9.3.	Estudio de suelo	106
9.4.	Diseño geométrico	107
9.5.	Diseño de pavimento.....	107
10.	Conclusiones	107

11.	Recomendaciones	108
12.	Bibliografía	109
13.	ANEXOS FOTOGRAFICOS	112

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Control de tolerancia.....	58
Tabla 2: Tabla de conteo de promedio diario semanal	70
Tabla 3: Factor de ajuste mensual.....	71
Tabla 4: Factor de ajuste diario.....	72
Tabla 5: Proyección a 20 años	73
Tabla 6: Cálculo de contenido de humedad	74
Tabla 7: Tamizaje de muestras.....	78
Tabla 8: Definición de suelo calicata 1	79
Tabla 9: Tamizaje de muestras calicata 2.....	80
Tabla 10: definición de suelo calicata 2.....	80
Tabla 11: determinación de capas	93
Tabla 12: datos de diseño.....	96
Tabla 13: Determinación de factor de camión	96
Tabla 14: Definición de tipo de tráfico	97
Tabla 15: tabla de confiabilidad	98
Tabla 16: Desviación estándar(Z_r).....	99
Tabla 17: Servicialidad	100
Tabla 18: Servicialidad terminal	101
Tabla 19: Factor estructural	102
Tabla 20: Coeficientes estructurales de las capas	103
Tabla 21: Coeficiente de drenaje.....	104
Tabla 22: Calidad de drenaje.....	104
Tabla 23: diseño de pavimento flexible	105
Tabla 24: Determinación de espesores de capa.....	105

INDICE DE ILUSTRACION

<i>Ilustración 1</i> Vía principal del recinto San Isidro.....	25
<i>Ilustración 2:</i> Estado actual de la vía	25
<i>Ilustración 3:</i> Estado actual de la vía	26
<i>Ilustración 4</i> Estructura típica de un pavimento flexible	32
<i>Ilustración 5</i> Estructura típica de un pavimento rígido	34
<i>Ilustración 6</i> Estructura típica de un pavimento articulado	35
<i>Ilustración 7:</i> Deflexión Resultante de la Carga por Rueda en la Estructura del Pavimento son Esfuerzos de Tensión y Compresión.....	42
<i>Ilustración 8:</i> Relación entre la presión de contacto y la presión de la llanta	44
<i>Ilustración 9:</i> Modelo Estructural Típico de un Pavimento: Materiales, Esfuerzos y Deformaciones.	56
<i>Ilustración 10:</i> Vista 1 de plano con abscisado y perfil longitudinal	62
<i>Ilustración 11:</i> Vista 2 de plano con abscisado y perfil longitudinal	63
<i>Ilustración 12:</i> Vista 3 de plano con abscisado y perfil longitudinal	64
<i>Ilustración 13:</i> Vista 1 - Perfil longitudinal San Isidro	65
<i>Ilustración 14:</i> Vista 2 - Perfil longitudinal San Isidro	65
<i>Ilustración 15:</i> Vista 3 - Perfil longitudinal San Isidro	66
<i>Ilustración 16:</i> Vista 1 - Toma de puntos de vía de estudio.....	67
<i>Ilustración 17:</i> Vista 2 - Toma de puntos de vía de estudio.....	68
<i>Ilustración 18:</i> Vista 3 - Toma de puntos de vía de estudio	69
<i>Ilustración 19:</i> Tesista en realización de ensayos	75
<i>Ilustración 20:</i> Tesista en realización de ensayos	76
<i>Ilustración 21:</i> Proceso de ensayos de laboratorio	76

Ilustración 22:Proceso de ensayos de laboratorio	77
Ilustración 23:Proceso de ensayos de laboratorio	77
Ilustración 24: Curva granulométrica.....	79
Ilustración 25: Curva granulométrica calicata 2	81
Ilustración 26:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor	83
Ilustración 27:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor	83
Ilustración 28:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor	84
Ilustración 29:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor	84
Ilustración 30:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor	85
Ilustración 31: gráfica densidad/ humedad	85
Ilustración 32: gráfica densidad/ humedad	86
Ilustración 33:Ensayo CBR.....	88
Ilustración 34:Ensayo CBR.....	89
Ilustración 35:Ensayo CBR.....	89
Ilustración 36:Ensayo CBR.....	90
Ilustración 37:Ensayo CBR.....	90
Ilustración 38:Ensayo CBR.....	91
Ilustración 39:Ensayo CBR.....	91
Ilustración 40:Ensayo CBR.....	92
Ilustración 41:Ensayo CBR.....	92
Ilustración 42:Ensayo CBR.....	93
Ilustración 43: Primera visita al sitio	112
Ilustración 44: Primera visita en sitio.....	112
Ilustración 45: Levantamiento topografico.....	113
Ilustración 46: Toma de puntos GPS	113

<i>Ilustración 47: toma de datos.....</i>	114
<i>Ilustración 48: Recolección de muestras</i>	114
<i>Ilustración 49: Elaboración de calicatas</i>	115
<i>Ilustración 50: Recolección de muestras</i>	115
<i>Ilustración 51: Entrega de muestras al laboratorio de UPS</i>	116
<i>Ilustración 52: Proceso de secado de estrato 1</i>	116
<i>Ilustración 53: Pesaje de recipiente.....</i>	117
<i>Ilustración 54: Proceso de estrato 1</i>	117
<i>Ilustración 55: Proceso de estrato 1</i>	118
<i>Ilustración 56: Pesaje de muestra</i>	118
<i>Ilustración 57: Proceso de estrato2</i>	119
<i>Ilustración 58: Proceso de estrato 2</i>	119
<i>Ilustración 59: Pesaje de segundo estrato</i>	120
<i>Ilustración 60: Muestras en horno</i>	120
<i>Ilustración 61: Muestras en horno</i>	121

1. Planteamiento del problema

El recinto San Isidro, enclavado en el kilómetro 53 de la vía a la costa, se encuentra sumido en una situación de aislamiento y precariedad debido al deplorable estado de su principal vía de acceso. Este camino de tierra, que facilitaba la conexión con el resto de la provincia, se ha convertido en un obstáculo insalvable para el desarrollo de la comunidad.

Las consecuencias de esta deficiencia infraestructural son múltiples y afectan a todos los aspectos de la vida cotidiana de los habitantes. Durante la estación lluviosa, el camino se transforma en un lodazal intransitable, dificultando el acceso a servicios básicos como salud y educación. Los estudiantes, a menudo, deben caminar largas distancias por senderos embarrados y resbaladizos, poniendo en riesgo su integridad física. Los productores agrícolas, por su parte, ven mermada su productividad debido a las dificultades para transportar sus productos a los mercados, lo que impacta directamente en sus ingresos y en la economía local.

Además de las dificultades en la movilidad, el deterioro del camino también representa un peligro constante para la seguridad vial. Los numerosos baches, los desniveles y la falta de señalización aumentan el riesgo de accidentes de tránsito, tanto para vehículos como para peatones. La ausencia de alumbrado público en algunos tramos agrava la situación, especialmente durante las horas nocturnas.

Las implicaciones de esta problemática trascienden el ámbito local. La falta de una vía en óptimas condiciones limita el potencial turístico de la zona, debido a que disuade a los visitantes de explorar los atractivos naturales y culturales del recinto. Asimismo, obstaculiza la llegada de inversiones privadas, necesarias para impulsar el desarrollo económico y generar empleo.

2. Ubicación

La vía con objetivo de estudio se encuentra ubicada a la altura del km 53 vía la costa con una longitud de 0.85 km.

Ilustración 1 Vía principal del recinto San Isidro



Nota: La figura representa la ruta a intervenir. Fuente: Google Earth.

2.1. Fotografías actuales de la vía de estudio

Ilustración 2: Estado actual de la vía

Fuente: Autores



Ilustración 3: Estado actual de la vía

Fuente: Autores

**3. Objetivos****3.1. Objetivo General**

Diseñar una vía de pavimento flexible para el tramo principal del recinto San Isidro, con el fin de mejorar la conectividad y las condiciones de tránsito en la zona.

3.2. Objetivos Específicos

Realizar un levantamiento topográfico para analizar las características y relieves del terreno.

Elaborar un conteo vehicular de la zona para diseñar una vía que contemple las necesidades del recinto.

Determinar un diseño geométrico con los parámetros adecuados para la vía.

4. Justificación

El deterioro de la vía de acceso al recinto San Isidro ha generado una serie de problemas que afectan significativamente la calidad de vida de sus habitantes y el desarrollo de la zona. La actual vía de tierra, plagada de baches y llena de lodo durante la temporada de lluvias, representa un obstáculo insalvable para el transporte de personas y mercancías. Esta situación no solo dificulta el acceso a servicios básicos como la educación y la salud, sino que también limita las oportunidades económicas de los habitantes, principalmente de aquellos dedicados a la agricultura.

La falta de una vía adecuada ha aislado al recinto San Isidro, impidiendo su integración a la dinámica económica de la región. La parroquia de Cerecita, situada a escasos 2 kilómetros de distancia, representa un importante mercado para los productos agrícolas locales, como frutas, hortalizas y productos lácteos. Sin embargo, el estado actual de la vía dificulta el transporte de estos productos, generando pérdidas económicas para los productores y limitando la oferta en el mercado.

La construcción de una vía pavimentada flexible en el recinto San Isidro se presenta como una solución integral y sostenible a esta problemática. Un pavimento flexible, además de garantizar una mayor durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas, permitirá reducir los costos de mantenimiento a largo plazo. Asimismo, la implementación de un sistema de drenaje adecuado evitará la acumulación de agua en la vía, minimizando el riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierra.

Los beneficios de esta obra trascienden el ámbito local. Una vía en óptimas condiciones estimulará la inversión privada en la zona, fomentando el desarrollo de nuevas actividades económicas y generando empleo. Además, facilitará el acceso de turistas a los

atractivos naturales y culturales del recinto, contribuyendo a diversificar la economía local.

5. Hipótesis

" La implementación de un diseño vial con pavimento flexible en la vía principal del recinto San Isidro mejorará significativamente las condiciones de movilidad y transporte, reduciendo el tiempo de movilización y los costos asociados al mantenimiento de esta vía en mal estado. Se espera que, con esta mejora en la infraestructura, el recinto pueda experimentar un incremento en su actividad comercial, particularmente en la venta de productos agrícolas, y que los estudiantes y otros miembros de la comunidad puedan acceder más fácilmente a servicios educativos y básicos. A largo plazo, esta intervención tendrá un impacto positivo en la calidad de vida de los habitantes, promoviendo el desarrollo económico del recinto y atrayendo nuevas oportunidades de crecimiento poblacional y empresarial."

6. Marco Teórico

6.1. Introducción al Diseño Vial

6.1.1. Concepto de diseño vial

El diseño vial constituye una disciplina fundamental dentro de la ingeniería civil, enfocada en la planificación, diseño y construcción de infraestructuras viales que garanticen la seguridad, eficiencia y comodidad de los usuarios. Su objetivo primordial es crear un sistema de transporte que permita la movilidad de personas y bienes de manera segura y fluida, adaptándose a las características geográficas, topográficas y socioeconómicas de cada región. En este sentido, el diseño vial no solo implica la definición de la geometría de la vía, sino también la selección de los materiales, la señalización, la iluminación y otros elementos que contribuyen a la calidad y funcionalidad de la infraestructura vial.

6.1.2. Importancia del diseño vial

El diseño vial desempeña un papel crucial en la configuración de los sistemas de transporte, ejerciendo una influencia directa y significativa en la seguridad vial, la movilidad, el desarrollo económico y social de una región. Un diseño vial adecuado minimiza el riesgo de accidentes, optimiza los flujos de tráfico y facilita la accesibilidad a servicios y oportunidades. Asimismo, contribuye al desarrollo económico al fomentar la actividad comercial y turística, y al desarrollo social al mejorar la calidad de vida de los habitantes y fortalecer el tejido urbano. En este sentido, el diseño vial se erige como una herramienta fundamental para construir ciudades más seguras, eficientes y sostenibles.

6.1.3. Elementos básicos del diseño vial

El diseño vial se fundamenta en una serie de elementos básicos que definen la geometría y funcionalidad de una vía. La alineación, que determina la trayectoria horizontal de la vía, y el perfil, que establece su trazado vertical, son elementos clave para garantizar una conducción segura y cómoda. La sección transversal, por su parte, define la distribución de los elementos que conforman la vía, como carriles, hombros y medianas, y establece las dimensiones y características de cada uno de ellos. Finalmente, los elementos complementarios, como la señalización, la iluminación y las obras de drenaje, completan el diseño y aseguran un funcionamiento óptimo de la infraestructura vial. La adecuada combinación y dimensionamiento de estos elementos es fundamental para lograr un diseño vial eficiente y seguro.

.

6.2. Pavimentos

6.2.1. Concepto de pavimento

El pavimento se define como la capa o conjunto de capas de materiales especialmente seleccionados y dispuestos, que se construye sobre la subrasante de una vía para soportar las cargas impuestas por el tráfico vehicular y resistir las acciones del clima. Su función principal es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente y duradera, garantizando así la seguridad, comodidad y eficiencia del tránsito. Los pavimentos pueden clasificarse en función de sus materiales constituyentes y de su comportamiento estructural, siendo los más comunes los pavimentos flexibles, compuestos principalmente por mezclas bituminosas, y los pavimentos rígidos, basados en concreto hidráulico. La selección del tipo de pavimento adecuado depende de diversos factores, como el volumen y tipo de tráfico, las condiciones climáticas, las características del suelo y los costos de construcción y mantenimiento.

6.3. Tipos de pavimentos

6.3.1. Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles, como su nombre lo indica, están compuestos por una serie de capas que trabajan conjuntamente para distribuir las cargas del tráfico de manera progresiva hacia las capas inferiores. En general, estos pavimentos incluyen una capa superficial delgada de mezcla asfáltica que descansa sobre una base y una subbase, las cuales suelen estar compuestas por materiales granulares. Estas capas se asientan sobre la subrasante, que es el terreno natural compactado, cumpliendo con la función de soportar la estructura completa del pavimento. El material predominante en los pavimentos flexibles es el asfalto, que se selecciona debido a sus propiedades de elasticidad y capacidad para adaptarse a las cargas dinámicas del tráfico. A medida que las cargas vehiculares impactan la superficie del pavimento, estas se transmiten a través de las distintas capas, disipando

progresivamente la presión hasta llegar al terreno subyacente. De este modo, se minimiza el daño en las capas más superficiales y se distribuyen las cargas de manera eficiente, lo que contribuye a la durabilidad del pavimento, las capas que conforman un pavimento flexible incluyen las siguientes:

Carpeta asfáltica: Esta es la capa superior del pavimento flexible, y está en contacto directo con los vehículos. Su composición incluye mezclas asfálticas que proporcionan una superficie de rodadura suave y uniforme. Debido a que esta capa está sometida a los mayores esfuerzos generados por el tráfico y a las condiciones climáticas más severas, como la exposición al sol, la lluvia y el desgaste por fricción, se diseña para soportar estos factores sin comprometer su integridad. En su construcción, se pueden utilizar diferentes materiales, como hormigón bituminoso o mezclas de arena y betún, que permiten adaptar la capa a las condiciones específicas de la vía.

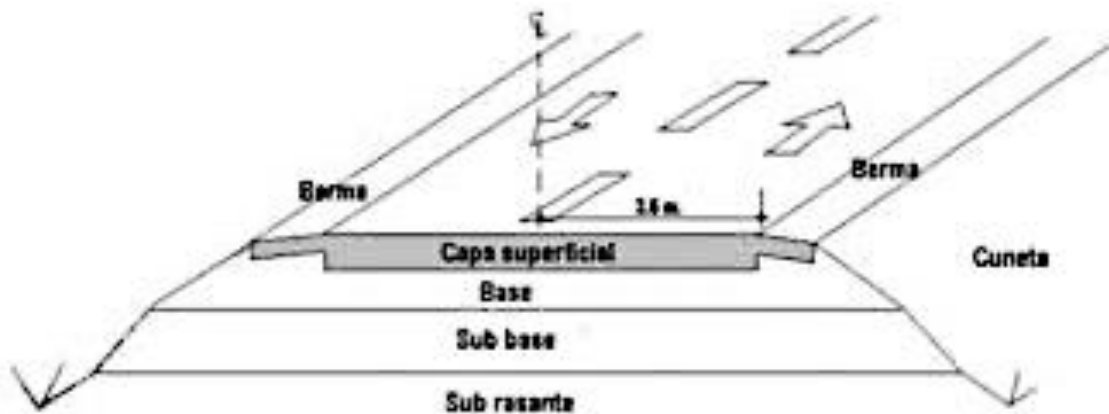
Base: Ubicada directamente debajo de la carpeta asfáltica, la base tiene la función de proporcionar estabilidad adicional al pavimento y de distribuir las cargas de tráfico hacia las capas inferiores. Generalmente, esta capa está formada por agregados triturados o grava, los cuales pueden ser tratados o no con materiales estabilizantes, como el cemento Portland, cal o asfalto. La resistencia de la base es fundamental para el rendimiento del pavimento, ya que actúa como una columna vertebral que absorbe y distribuye las cargas sin deformarse, garantizando así que la carpeta asfáltica mantenga su nivel y evite grietas o deformaciones.

Subbase: Aunque es una capa opcional, la subbase cumple un papel clave en la mejora de la capacidad de carga del pavimento. Al igual que la base, está compuesta por materiales granulares, pero de menor calidad y costo. Su función principal es actuar como un soporte adicional para las capas superiores, distribuyendo las cargas que llegan a la

base. En muchos casos, también sirve como un elemento de drenaje que permite el paso de las aguas subterráneas, evitando que estas se acumulen y causen daños en la estructura del pavimento.

Subrasante: La subrasante es el terreno natural compactado que sirve de apoyo para todas las capas del pavimento. Su preparación adecuada es crucial, ya que de ella depende la capacidad del pavimento para soportar las cargas transferidas por las capas superiores. Una subrasante bien compactada garantiza que el pavimento tenga una base sólida, lo que contribuye a la estabilidad general de la vía.

Ilustración 4 Estructura típica de un pavimento flexible



*Nota: La imagen presenta el orden y las capas que conforman un pavimento flexible.
Fuente: Gustavo Martínez (2024, 7 marzo).*

6.3.2. Pavimento rígido

A diferencia del pavimento flexible, el pavimento rígido está compuesto principalmente por concreto o cemento, lo que le permite distribuir las cargas de manera más uniforme sobre una mayor área. Esta capacidad se debe a la rigidez inherente de los materiales utilizados, que reducen la necesidad de que las capas inferiores absorban grandes cantidades de carga. El pavimento rígido se caracteriza por tener una losa de concreto como capa superior, la cual se asienta sobre una base o directamente sobre la

subrasante. Gracias a su rigidez, este tipo de pavimento no depende tanto de la capacidad de carga de la subrasante como el pavimento flexible, ya que la losa de concreto tiene la capacidad de soportar gran parte de las cargas por sí misma, las capas que componen el pavimento rígido son las siguientes:

Losa de concreto: Es la capa superior y más importante del pavimento rígido. Está formada por concreto hidráulico, un material altamente duradero que proporciona resistencia a la deformación y al desgaste. Dado que esta capa es la que soporta directamente el tráfico, su diseño y construcción deben garantizar que pueda resistir los esfuerzos generados por el paso de los vehículos, así como las variaciones climáticas. La losa de concreto no solo proporciona una superficie de rodadura resistente, sino que también distribuye las cargas de manera uniforme a las capas inferiores, reduciendo el impacto sobre la base y la subrasante.

Base: La base del pavimento rígido se utiliza para proporcionar un apoyo adicional a la losa de concreto, asegurando que las cargas se distribuyan de manera uniforme y que el pavimento mantenga su nivel. Esta capa puede estar compuesta por material granular o estabilizado con cemento, lo que le otorga mayor resistencia. Al distribuir las cargas de manera eficiente, la base contribuye a prolongar la vida útil del pavimento, evitando que las cargas se concentren en puntos específicos que podrían generar deformaciones o fallas estructurales.

Subbase: En algunos casos, se coloca una capa de subbase similar a la utilizada en los pavimentos flexibles. Esta capa ayuda a mejorar la capacidad portante del pavimento y actúa como un controlador de las variaciones del terreno que podrían afectar la estabilidad del pavimento. Además, la subbase tiene la capacidad de actuar como una capa de drenaje, permitiendo que las aguas subterráneas se disipen sin afectar la estructura del pavimento.

Subrasante: Al igual que en el pavimento flexible, la subrasante es el terreno natural compactado que soporta las capas superiores. Aunque en el pavimento rígido la losa de concreto es la principal portadora de las cargas, la subrasante sigue siendo un componente crucial para la estabilidad del sistema. Su preparación adecuada es esencial para garantizar que el pavimento mantenga su integridad a lo largo del tiempo.

Ilustración 5 Estructura típica de un pavimento rígido



Nota: La imagen presenta el orden y las capas que conforman un pavimento rígido.
Fuente: Gustavo Martínez (2024, 7 marzo).

6.3.3. Pavimento articulado

El pavimento articulado está formado por bloques o adoquines que se colocan de manera entrelazada, lo que permite una distribución uniforme de las cargas y proporciona una superficie de rodadura estable. Este tipo de pavimento es común en áreas urbanas y zonas peatonales debido a su facilidad de instalación y mantenimiento. Los adoquines se colocan sobre una capa de arena compactada, que permite ajustar y nivelar los bloques, proporcionando así una base estable, las capas que conforman el pavimento articulado incluyen:

Adoquines: Son bloques de concreto o piedra que se colocan de manera ajustada entre sí. Su diseño entrelazado les proporciona una estabilidad adicional, lo que les permite soportar las cargas de tráfico sin desplazarse o deformarse.

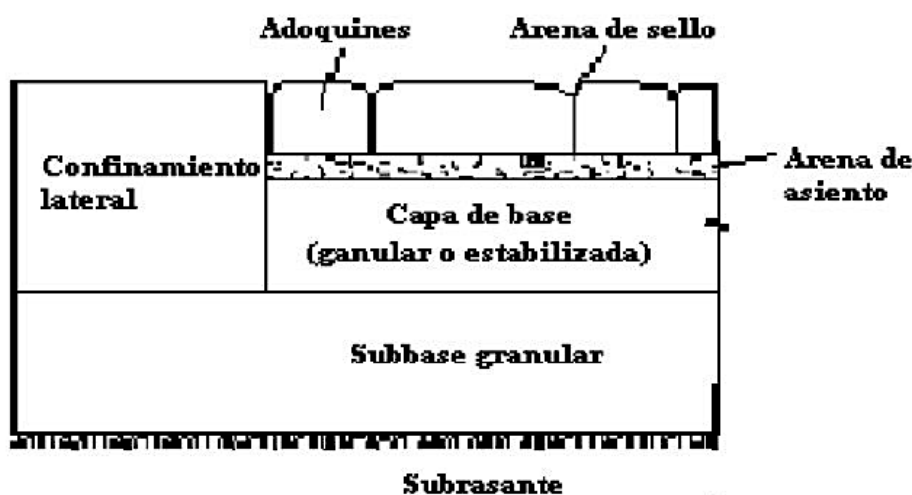
Cama de arena: Los adoquines se colocan sobre una capa de arena compactada que permite nivelar la superficie y ajustarla según sea necesario. Esta capa es fundamental para asegurar que los adoquines permanezcan firmemente en su lugar, proporcionando una superficie de rodadura uniforme.

Base: Al igual que en los otros tipos de pavimento, la base del pavimento articulado está formada por agregados triturados o materiales estabilizados que proporcionan soporte y estabilidad a los adoquines. Esta capa es clave para garantizar que las cargas se distribuyan uniformemente y que los adoquines no se hundan o se desplacen con el tiempo.

Subbase: Aunque es opcional, la subbase puede utilizarse en pavimentos articulados para mejorar la capacidad de carga, especialmente en áreas con tráfico pesado. Esta capa adicional proporciona una mayor estabilidad a la estructura del pavimento.

Subrasante: La subrasante es el terreno natural compactado que sirve como base para todas las capas del pavimento. Es fundamental que esta capa esté bien preparada, ya que su capacidad de carga influye directamente en la estabilidad del pavimento.

Ilustración 6 Estructura típica de un pavimento articulado



Nota: La imagen presenta el orden y las capas que conforman un pavimento rígido. Fuente: Gustavo Martínez (2024, 7 marzo).

6.4. Tipos de terreno

La topografía del terreno es un factor determinante en el diseño y trazado de carreteras y calles, ya que afecta tanto el alineamiento horizontal como el vertical de las vías. La naturaleza del terreno puede facilitar o complicar significativamente el proceso de construcción, lo que hace que sea crucial tener en cuenta las características del terreno desde las etapas iniciales del proyecto. Los ingenieros suelen clasificar el terreno en varias categorías, basándose en su relieve: plano, ondulado, montañoso y escarpado. Cada una de estas categorías tiene implicaciones específicas para el diseño de la vía y el movimiento de tierras necesario.

6.4.1. Terreno plano (tipo 1)

En este tipo de terreno, las pendientes transversales al eje de la vía son menores o iguales al 10%, y las pendientes longitudinales son generalmente menores al 3%. Esto implica que el terreno es relativamente llano, lo que facilita el trazado de la carretera y reduce la necesidad de realizar grandes movimientos de tierras. En terrenos planos, es posible diseñar alineamientos rectos y utilizar radios de curva amplios, lo que mejora la seguridad y la comodidad del usuario. Además, las pendientes suaves permiten un drenaje eficiente de las aguas pluviales, evitando problemas de acumulación de agua en la superficie de la vía.

6.4.2. Terreno ondulado (tipo 2)

Este tipo de terreno presenta pendientes transversales que oscilan entre el 11% y el 50%, mientras que las pendientes longitudinales se sitúan entre el 3% y el 6%. En terrenos ondulados, es necesario realizar movimientos de tierra moderados para ajustar el trazado de la vía, lo que implica la incorporación de alineamientos curvos y rectos. Aunque el terreno ondulado presenta más desafíos que el terreno plano, todavía es posible mantener

un diseño eficiente de la carretera, utilizando curvas de radios amplios y asegurando una pendiente adecuada para el drenaje.

6.4.3. Terreno accidentado (tipo 3)

En terrenos accidentados, las pendientes transversales al eje de la vía oscilan entre el 51% y el 100%, mientras que las pendientes longitudinales son predominantemente entre el 6% y el 8%. Esto requiere un movimiento significativo de tierras y un diseño más complejo para garantizar la estabilidad del pavimento. Las curvas cerradas y las pendientes pronunciadas son comunes en este tipo de terreno, lo que aumenta la dificultad de construcción y los costos asociados.

6.4.4. Terreno escarpado (tipo 4)

El terreno escarpado presenta pendientes transversales superiores al 100% y pendientes longitudinales mayores al 8%. Este tipo de terreno representa el mayor desafío para los ingenieros, ya que requiere un máximo de movimiento de tierras y la implementación de técnicas de construcción avanzadas para asegurar que la vía sea segura y estable.

6.5. Volumen de tránsito

En el estudio de los volúmenes de tránsito vehicular, se deben considerar varios conceptos clave que permiten evaluar y proyectar la capacidad y funcionalidad de una carretera a lo largo del tiempo. Estos conceptos son fundamentales para asegurar un diseño adecuado, tanto en términos estructurales como económicos, garantizando que las vías cumplan con las demandas actuales y futuras del tránsito.

6.5.1. Tránsito promedio diario (TPDA)

Este indicador representa el tránsito total que circula por una carretera a lo largo de un año, dividido entre los 365 días, lo que proporciona un valor promedio diario. La

importancia del TPDA radica en su capacidad para determinar la intensidad del uso de una vía y, con ello, justificar los costos asociados a su mantenimiento y mejora. Además, este valor es esencial en el análisis económico y en el diseño de los elementos estructurales y funcionales de la carretera, permitiendo una planificación eficiente que se ajuste a las demandas reales del tránsito vehicular.

6.5.2. *Volumen de la hora pico*

Este concepto hace referencia al volumen máximo de tránsito que circula por la carretera en la hora de mayor congestión. El volumen de la hora pico es un factor clave en el diseño de carreteras, ya que permite identificar los momentos de mayor demanda sobre la infraestructura vial y, en consecuencia, diseñar soluciones que optimicen el flujo vehicular en estas horas críticas. Tener en cuenta este parámetro asegura que la carretera funcione de manera eficiente incluso en los periodos de mayor uso.

6.5.3. *Volumen horario de diseño (VHD)*

El volumen horario de diseño es una métrica utilizada para comparar la capacidad de una carretera con el volumen de tránsito esperado. Este valor se utiliza principalmente para determinar si la carretera en estudio puede soportar la cantidad de tráfico que se proyecta que transitará por ella. El VHD permite ajustar el diseño de la vía de manera que se garantice su funcionalidad bajo las condiciones de tráfico previstas, evitando saturaciones o colapsos en su operación.

6.5.4. *Proyección del tránsito*

Las proyecciones de tránsito son fundamentales en el diseño de nuevas carreteras o en la mejora de las existentes. Este concepto se refiere a la estimación del volumen de tránsito futuro, con base en el tráfico actual y las tendencias de crecimiento. El objetivo es que la carretera esté preparada para soportar el tránsito esperado en el último año de su

vida útil, considerando un mantenimiento adecuado. En este sentido, el diseño debe prever un aumento gradual en el volumen de vehículos, asegurando que la vía continúe siendo funcional y segura a lo largo del tiempo.

6.5.5. Pavimentos flexibles

6.5.5.1. Características y composición

Los pavimentos flexibles, también conocidos como pavimentos asfálticos, se caracterizan por su capacidad de deformarse elásticamente bajo cargas, lo cual les confiere una mayor tolerancia a los movimientos del terreno. Su composición varía según las especificaciones del proyecto, pero generalmente incluyen una base granular y una o más capas de mezcla bituminosa. Estas mezclas están compuestas por agregados minerales (gravas, arenas y finos) y un aglomerante bituminoso que actúa como ligante. La granulometría y la dosificación de los materiales son factores fundamentales que determinan las propiedades mecánicas y el comportamiento a largo plazo del pavimento flexible, tales como la resistencia al desgaste, la durabilidad y la capacidad de drenaje. Gracias a su versatilidad y facilidad de construcción, los pavimentos flexibles son ampliamente utilizados en la construcción de carreteras y calles, tanto en zonas urbanas como rurales.

6.5.5.2. Ventajas y desventajas

Los pavimentos flexibles presentan una serie de ventajas que los hacen atractivos para su implementación en diversas aplicaciones. Su capacidad de adaptación a las deformaciones del terreno, su facilidad de construcción y reparación, así como su costo inicial generalmente menor, son aspectos destacados. Sin embargo, presentan ciertas desventajas en comparación con los pavimentos rígidos, como una menor durabilidad ante cargas pesadas y repetitivas, una mayor susceptibilidad al daño por fatiga y una menor resistencia al agrietamiento por temperatura. Asimismo, los pavimentos flexibles suelen

requerir un mantenimiento más frecuente para garantizar su desempeño a largo plazo. La elección entre un pavimento flexible y rígido dependerá de una evaluación cuidadosa de factores como el volumen y tipo de tráfico, las condiciones climáticas, las características del suelo y los costos de construcción y mantenimiento.

6.5.5.3. *Aplicaciones*

Los pavimentos flexibles encuentran una amplia gama de aplicaciones en la infraestructura vial, tanto en zonas urbanas como rurales. Su versatilidad permite su utilización en carreteras de alta velocidad, calles locales, estacionamientos, aeropuertos y otras áreas de tráfico vehicular. La elección de un pavimento flexible para una aplicación específica dependerá de factores como el volumen y tipo de tráfico, las condiciones climáticas, las restricciones presupuestarias y las características del suelo. Es recomendable realizar un estudio detallado de las condiciones del sitio y del tráfico esperado para seleccionar el tipo de mezcla bituminosa y el espesor de las capas más adecuados. Asimismo, es fundamental implementar un programa de mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil del pavimento y garantizar su desempeño a lo largo del tiempo.

6.5.6. *Diseño de pavimentos flexibles*

6.5.6.1. *Métodos de diseño*

El diseño de pavimentos flexibles se basa en la selección adecuada de materiales y espesores de las capas que componen la estructura, con el objetivo de garantizar su durabilidad y funcionalidad bajo las condiciones de tráfico y climáticas previstas. Existen diversos métodos de diseño, los cuales pueden clasificarse en empíricos y mecánicos. Los métodos empíricos se basan en la experiencia y en datos históricos de pavimentos similares, mientras que los métodos mecánicos utilizan modelos matemáticos para analizar el comportamiento estructural del pavimento bajo cargas. Ambos tipos de métodos tienen

sus ventajas y limitaciones, y la elección del método más adecuado dependerá de la disponibilidad de datos, de la complejidad del proyecto y de los requerimientos de diseño. La combinación de ambos enfoques, considerando tanto los aspectos empíricos como los mecánicos, suele proporcionar resultados más confiables y permite optimizar el diseño de los pavimentos flexibles.

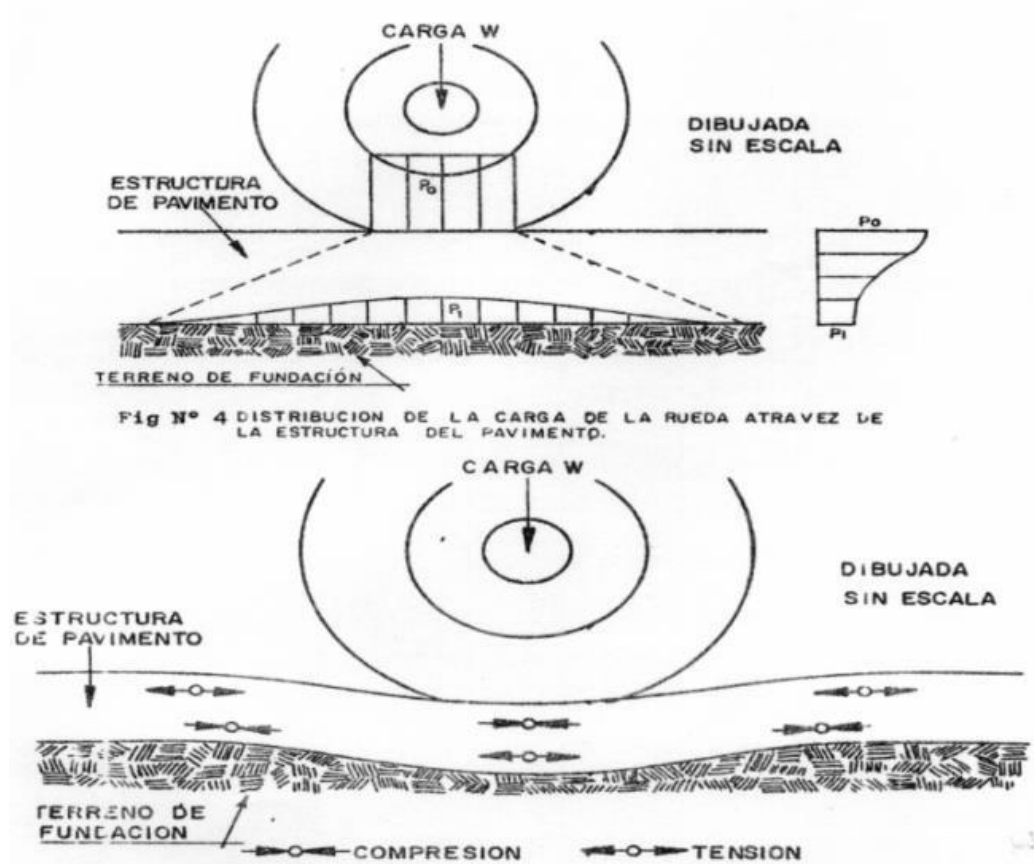
6.5.6.2. *Forma de distribución de la carga en un pavimento flexible*

La distribución de esfuerzos verticales bajo una carga concentrada aplicada sobre un plano horizontal tiene forma acampanada. Los esfuerzos máximos se originan en el plano vertical que pasa a través del punto de aplicación. En el estudio de pavimentos flexibles la carga en la superficie no es puntual, sino distribuida sobre un área elíptica. Las presiones de contacto caucho-pavimento son iguales a las presiones de los cauchos. En general la variación de esfuerzos con la profundidad sigue el mismo patrón que el caso de cargas puntuales.

La magnitud del esfuerzo vertical en un punto debido a una carga aplicada en la superficie depende de la presión aplicada, así como también de la magnitud de la carga. Altas presiones de inflado necesitan una alta temperatura de los materiales de las capas superiores del pavimento, pero el espesor total del pavimento no es afectado por la presión de los cauchos. Por otra parte, para una presión constante un incremento en la carga ocasiona un incremento de los esfuerzos verticales para todas las profundidades. Los esfuerzos aplicados a la superficie no son afectados por la configuración de las ruedas y son iguales a la presión aplicada de los cauchos. (Blackman, 2022)

Ilustración 7: Deflexión Resultante de la Carga por Rueda en la Estructura del Pavimento son Esfuerzos de Tensión y Compresión.

Fuente: Diseño estructural de pavimentos flexibles y rígidos: nuevos y de refuerzo
(Herbert Lynch Blackman, 2022)



El diseño de pavimentos flexibles es un proceso complejo que involucra la consideración de múltiples factores interrelacionados. La carga vehicular, caracterizada por su intensidad y tipología, ejerce una influencia directa sobre el espesor y la resistencia de las capas del pavimento. El tipo de suelo de la subrasante condiciona la capacidad portante del terreno y requiere de tratamientos especiales en caso de presentar características inadecuadas. Las condiciones climáticas, especialmente la temperatura y la humedad, afectan el comportamiento de los materiales y pueden generar deterioros como el agrietamiento y el bombeo. Por último, la vida útil proyectada para el pavimento influye

en la selección de materiales y espesores, buscando garantizar un desempeño adecuado durante su periodo de servicio.

6.5.6.3. *Normativa aplicable*

El diseño y construcción de pavimentos flexibles se rigen por una serie de normas técnicas nacionales e internacionales que establecen los requisitos mínimos para garantizar la calidad y durabilidad de estas estructuras. Estas normas abarcan desde la clasificación y caracterización de los materiales, pasando por los métodos de ensayo, hasta los criterios de diseño y construcción. Entre las normas más relevantes se encuentran las emitidas por organismos como la Asociación Americana de funcionarios Estatales de Carreteras y Autopistas (AASHTO), el Instituto Nacional de Vialidad (INVIAS) en países latinoamericanos, y las normas ISO internacionales. La aplicación de estas normas es fundamental para asegurar la compatibilidad entre los diferentes proyectos y para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios de las vías.

6.6. Forma geométrica de cada solicitación sobre el pavimento, área de contacto y reparto de presiones sobre la misma

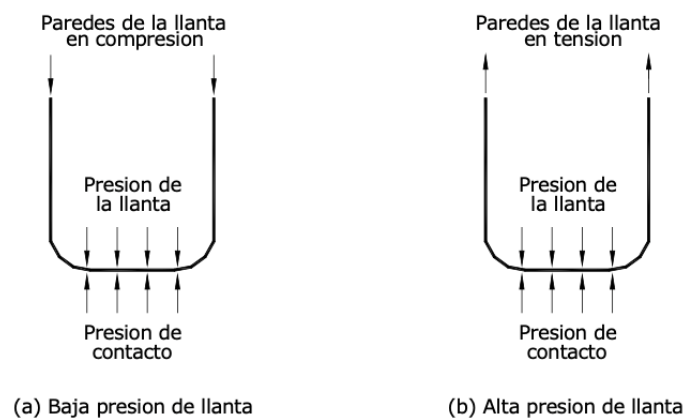
“La carga del vehículo al pavimento se transmite a través de las ruedas. En los métodos de diseño mecanicistas, es necesario conocer el área de contacto de la llanta con el pavimento, asumiendo que la carga de contacto depende de la presión de contacto.

El tamaño del área de contacto depende de la presión de contacto. Como se indica en la Figura 1-7, la presión de contacto es más grande que la presión de la llanta para presiones bajas de la llanta, debido a que la pared de la misma está en compresión y la suma de las fuerzas verticales de la pared y presión de la llanta deben ser iguales a la fuerza debido a la presión de contacto; la presión de contacto es más pequeña que la presión de la llanta para presiones altas de las llantas, debido a que la pared de la llanta

está en tensión. Sin embargo, en el diseño de pavimentos la presión de contacto generalmente se asume igual a la presión de la llanta. Debido a que los ejes de carga pesados tienen presiones altas y efectos más destructivos en el pavimento, utilizar la presión de llanta como presión de contacto es estar por el lado de la seguridad.”
(TRANSPORTE, 2008)

Ilustración 8: Relación entre la presión de contacto y la presión de la llanta

Fuente: Mecánica de materiales para pavimentos



6.7. Geotecnia en el Diseño Vial

6.7.1. Estudio de suelos

La geotecnia desempeña un papel fundamental en el diseño vial, proporcionando los conocimientos necesarios para evaluar las condiciones del subsuelo y garantizar la estabilidad y durabilidad de las obras. El estudio de suelos, como parte integral de la geotecnia, se centra en la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del terreno. Esta caracterización es de vital importancia, ya que permite determinar la capacidad portante del suelo, su susceptibilidad a la erosión, su potencial de expansión y contracción, y otros factores que pueden influir en el comportamiento del pavimento a largo plazo. Los resultados de estos estudios son fundamentales para seleccionar los materiales adecuados para la construcción de las capas del pavimento,

definir los espesores requeridos y diseñar sistemas de drenaje adecuados. En definitiva, una caracterización detallada del suelo es esencial para garantizar la seguridad, funcionalidad y sostenibilidad de las vías.

6.7.2. *Propiedades geotécnicas*

Las propiedades geotécnicas del suelo desempeñan un papel crucial en el diseño y construcción de pavimentos. La granulometría, que describe la distribución de tamaños de las partículas del suelo, influye en la permeabilidad y estabilidad del terreno. Los límites de Atterberg, a su vez, permiten clasificar los suelos según su contenido de agua y su comportamiento frente a las cargas. La densidad del suelo determina su peso unitario y su capacidad para soportar cargas, mientras que la capacidad de carga representa la presión máxima que el suelo puede soportar sin fallar. La evaluación detallada de estas propiedades es fundamental para seleccionar los materiales adecuados para la construcción de las capas del pavimento, determinar los espesores requeridos y diseñar sistemas de drenaje adecuados, garantizando así la durabilidad y funcionalidad de la vía.

6.7.3. *Diseño de la subrasante y base*

El diseño de la subrasante y base de un pavimento es un proceso crítico que requiere una cuidadosa selección de materiales y determinación de espesores. Los materiales empleados en estas capas deben poseer propiedades geotécnicas adecuadas, como buena capacidad portante, baja compresibilidad y resistencia a la degradación. La selección de los materiales se basa en los resultados de los estudios de suelos y en las normas técnicas aplicables. Los espesores de las capas se determinan mediante métodos de diseño empíricos y mecánicos, considerando las cargas a las que estará sometido el pavimento, las características del suelo de fundación y la vida útil proyectada. Un diseño adecuado de la subrasante y base garantiza la distribución uniforme de las cargas, minimiza los asentamientos diferenciales y prolonga la vida útil del pavimento.

6.8. Drenaje en Carreteras

6.8.1. Importancia del drenaje

El drenaje en carreteras constituye un elemento fundamental para garantizar la durabilidad y seguridad de las vías. Su función principal es evacuar de manera eficiente las aguas superficiales y subterráneas, evitando así la saturación de los suelos, la erosión de los taludes y la formación de charcos que pueden provocar el fenómeno del aquaplaning. Los sistemas de drenaje se clasifican en superficiales y profundos. Los primeros incluyen cunetas, alcantarillas y bordillos, encargados de recoger y conducir el agua de lluvia. Los sistemas de drenaje profundo, por su parte, consisten en tuberías y drenajes que interceptan el flujo de agua subterránea y lo conducen fuera de la estructura del pavimento. La correcta implementación de un sistema de drenaje es esencial para prolongar la vida útil de la carretera y garantizar la seguridad de los usuarios.

6.8.2. Diseño del sistema de drenaje

El diseño de un sistema de drenaje vial es un proceso fundamental para garantizar la durabilidad y seguridad de la infraestructura. Este sistema se compone de dos componentes principales: el drenaje superficial y el drenaje profundo. El drenaje superficial, constituido por cunetas, alcantarillas y pozos de visita, tiene como objetivo recolectar y evacuar las aguas pluviales que escurren sobre la superficie del pavimento. Por otro lado, el drenaje profundo, conformado por tuberías y drenajes subterráneos, se encarga de interceptar y conducir las aguas subterráneas que podrían afectar la estabilidad del terreno y generar problemas de humedad en la estructura del pavimento. La adecuada selección y diseño de estos elementos, considerando las características hidrológicas y geotécnicas del sitio, es crucial para prevenir daños en la vía, prolongar su vida útil y garantizar la seguridad de los usuarios.

6.8.3. *Materiales y estructuras de drenaje*

El diseño y construcción de un sistema de drenaje vial exige la selección adecuada de materiales y estructuras que garanticen su eficiencia y durabilidad. Entre los elementos más comunes se encuentran las cunetas, las alcantarillas y las tuberías. Las cunetas, generalmente construidas en concreto o tierra compactada, tienen como función recolectar y conducir las aguas superficiales hacia puntos de descarga. Las alcantarillas, fabricadas en diversos materiales como concreto, metal o polímeros, permiten el paso de las aguas a través de obstáculos como carreteras o vías férreas. Por su parte, las tuberías, enterradas bajo el suelo, se utilizan para conducir las aguas subterráneas y las provenientes de las alcantarillas hacia los puntos de descarga finales. La selección de los materiales y las dimensiones de estos elementos debe considerar factores como el caudal de diseño, las características del suelo, las condiciones climáticas y las normas técnicas aplicables, garantizando así un sistema de drenaje eficiente y seguro.

6.9. Seguridad vial

6.9.1. *Conceptos básicos de seguridad vial*

La seguridad vial es un campo interdisciplinario que se enfoca en la prevención de accidentes de tránsito y sus consecuencias. Los conceptos fundamentales de la seguridad vial giran en torno a tres factores interrelacionados: el factor humano, el factor vehicular y el factor vial. El factor humano abarca el comportamiento de los usuarios de la vía, como conductores, peatones y ciclistas, y se ve influenciado por aspectos psicológicos, fisiológicos y sociales. El factor vehicular se refiere a las características de los vehículos, incluyendo su diseño, mantenimiento y equipamiento de seguridad. Por último, el factor vial engloba las condiciones de las vías, como el diseño geométrico, el estado del pavimento, la señalización y la iluminación, que pueden incidir significativamente en la

ocurrencia de accidentes. La comprensión de estos factores es esencial para el desarrollo de estrategias efectivas de prevención y mitigación de riesgos en el transporte.

6.9.2. Elementos de seguridad vial en el diseño

El diseño vial, en su conjunto, desempeña un papel crucial en la promoción de la seguridad vial. Los elementos de diseño como la visibilidad, la señalización, la iluminación y la geometría vial interactúan de manera sinérgica para influir en el comportamiento de los usuarios de la vía y minimizar el riesgo de accidentes. La visibilidad adecuada, tanto diurna como nocturna, se logra mediante la correcta ubicación de señales, la aplicación de marcas viales retro reflectantes y un diseño geométrico que evite obstáculos visuales. La señalización vertical y horizontal proporciona información clara y concisa a los conductores, orientándolos y alertándolos sobre las condiciones de la vía. La iluminación, especialmente en zonas urbanas y tramos con baja visibilidad, es fundamental para mejorar la percepción de los usuarios y reducir el riesgo de colisiones. Finalmente, la geometría vial, que abarca aspectos como el radio de las curvas, las pendientes y los peraltes, debe diseñarse de manera que permita una circulación segura y fluida, minimizando los puntos conflictivos y las zonas de riesgo. La combinación óptima de estos elementos contribuye a crear un entorno vial más seguro y eficiente.

6.9.3. Normas de seguridad vial

Las normas de seguridad vial constituyen un conjunto de reglas y regulaciones establecidas a nivel nacional e internacional con el objetivo de garantizar la seguridad de todos los usuarios de la vía. Estas normas abarcan una amplia gama de aspectos, desde el diseño geométrico de las carreteras y la señalización vial hasta las características técnicas de los vehículos y las conductas de los conductores. Las referencias normativas nacionales suelen basarse en convenciones internacionales como la Convención de Viena sobre la Circulación Vial de 1968, que establece principios generales y estándares mínimos para la

regulación del tránsito. A nivel regional y nacional, se desarrollan normas más específicas para adaptarse a las particularidades de cada país y a las condiciones locales del tráfico. El cumplimiento de estas normas es fundamental para prevenir accidentes, reducir las lesiones y salvaguardar la vida de las personas.

6.10. Impacto Ambiental

6.10.1. Evaluación del impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental (EIA) es un proceso sistemático que permite identificar, predecir y evaluar los efectos significativos que un proyecto o actividad puede causar sobre el medio ambiente. Existen diversas metodologías y herramientas para llevar a cabo una EIA, las cuales varían en complejidad y alcance según la naturaleza del proyecto y los requerimientos normativos. Entre las metodologías más utilizadas se encuentran las matrices de Leopold, los diagramas de flujo y los modelos matemáticos. Estas herramientas facilitan la identificación de los impactos ambientales potenciales, tanto positivos como negativos, y permiten la cuantificación y valoración de los mismos. La selección de la metodología adecuada depende de factores como la escala del proyecto, la sensibilidad del ambiente y los objetivos de la evaluación. A través de la EIA, se busca garantizar que los proyectos se desarrollen de manera sostenible, minimizando sus impactos negativos y maximizando sus beneficios ambientales.

6.10.2. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación son un conjunto de acciones estratégicas diseñadas para reducir, compensar o eliminar los impactos negativos de un proyecto o actividad sobre el medio ambiente. Estas medidas se implementan en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto, desde la planificación hasta la operación y el cierre. La reducción de la huella ambiental es un objetivo central de estas medidas, lo cual se logra mediante la implementación de tecnologías limpias, la optimización del uso de recursos naturales, la

gestión adecuada de los residuos y la adopción de prácticas sostenibles. Entre las medidas de mitigación más comunes se encuentran la eficiencia energética, la gestión de aguas residuales, la restauración de ecosistemas y la compensación ambiental. La selección y aplicación de estas medidas dependen de la naturaleza del proyecto y de las características del entorno en el que se desarrolla.

6.10.3. *Legislación ambiental*

La legislación ambiental constituye el marco normativo que regula las actividades humanas y sus impactos sobre el medio ambiente. Esta normativa abarca un amplio espectro de temas, desde la protección de los recursos naturales hasta la gestión de residuos y la mitigación del cambio climático. A nivel internacional, existen tratados y convenios que establecen principios generales y estándares mínimos para la protección ambiental. A nivel nacional, cada país cuenta con un conjunto de leyes, reglamentos y normas técnicas que se adaptan a sus particularidades geográficas, sociales y económicas. La normativa ambiental es dinámica y evoluciona constantemente en respuesta a los desafíos ambientales emergentes y a los avances científicos y tecnológicos. Su cumplimiento es fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental y el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

6.11. Diseño Geométrico

6.11.1. *Alineación horizontal*

La alineación horizontal de una carretera, definida por el trazado en planta, es un elemento fundamental en el diseño geométrico que determina la trayectoria de la vía sobre el terreno. Esta alineación está compuesta por rectas y curvas, cuya combinación busca optimizar la funcionalidad, seguridad y estética de la carretera. El trazado en planta debe considerar factores como la topografía, la geología, el uso del suelo y los volúmenes de tráfico, a fin de garantizar una circulación fluida y segura. Las características geométricas

de las curvas, como el radio y el desarrollo, son de vital importancia para determinar la velocidad de diseño y las condiciones de visibilidad. Un diseño de alineación horizontal adecuado contribuye a prevenir accidentes, mejorar la comodidad de los usuarios y minimizar los impactos ambientales.

6.11.2. Perfil vertical

El perfil vertical de una carretera, representado en un alzado, define la elevación de la vía a lo largo de su recorrido. Este elemento, junto con la alineación horizontal, conforma la geometría tridimensional de la carretera. El trazado del perfil vertical involucra la definición de puntos de control, tales como los puntos de tangencia de los tramos rectos y curvos, así como los puntos de inflexión del terreno. Al diseñar el perfil vertical, se buscan pendientes longitudinales adecuadas que garanticen una circulación fluida y segura, considerando factores como la topografía, la visibilidad, el drenaje y las condiciones climáticas. Asimismo, se deben diseñar los elementos verticales, como las curvas verticales, para asegurar una transición suave entre las diferentes pendientes y evitar cambios bruscos en la aceleración vertical de los vehículos. Un perfil vertical bien diseñado contribuye a la comodidad de los usuarios y a la durabilidad de la carretera.

6.11.3. Sección transversal

La sección transversal de una carretera representa una vista en corte perpendicular al eje de la vía, y define la distribución espacial de todos sus elementos constitutivos. Esta sección revela la anchura de la calzada, el número y ancho de los carriles, la existencia de bermas, cunetas, separadores centrales, aceras y otros elementos de seguridad vial. La configuración de la sección transversal está determinada por diversos factores, como el volumen de tráfico, la categoría funcional de la vía, las condiciones topográficas y geológicas del terreno, y las normas de diseño vigentes. Una sección transversal adecuada

garantiza la seguridad y comodidad de los usuarios, facilita el drenaje de las aguas superficiales y contribuye a la durabilidad de la infraestructura vial.

6.12. Señalización Vial

6.12.1. Tipos de señalización

La señalización vial es un elemento fundamental en la seguridad y eficiencia del tránsito, ya que proporciona información crucial a los usuarios de la vía. Existen diversos tipos de señalización, clasificados principalmente en vertical, horizontal y luminiscente. La señalización vertical, conformada por paneles y postes, transmite mensajes mediante símbolos, textos y colores. La señalización horizontal, aplicada directamente sobre el pavimento, utiliza líneas, flechas y símbolos para delimitar carriles, indicar cruces peatonales y regular el flujo vehicular. Por su parte, la señalización luminiscente, como los dispositivos retro-reflectivos y las luces intermitentes, mejora la visibilidad en condiciones de baja luminosidad. La combinación adecuada de estos tres tipos de señalización garantiza una comunicación efectiva entre la infraestructura vial y los conductores, contribuyendo a prevenir accidentes y optimizar la movilidad.

6.12.2. Diseño de la señalización

El diseño de la señalización vial es un proceso crucial que involucra la selección adecuada de señales, considerando su tipo, forma, tamaño y mensaje, así como su ubicación estratégica en la vía. La elección de las señales debe basarse en un análisis detallado de las condiciones del tráfico, las características geométricas de la carretera y los riesgos potenciales. La ubicación de las señales es igualmente importante, ya que debe garantizar una visibilidad óptima y una comprensión clara por parte de los conductores. Factores como la distancia de percepción, la velocidad del tráfico y las condiciones climáticas influyen en la determinación de la posición de cada señal. Un diseño de

señalización eficiente contribuye a mejorar la seguridad vial, orientar a los usuarios y optimizar el flujo vehicular.

6.12.3. Normativa de señalización

La normativa de señalización vial en Ecuador establece un marco regulatorio integral para garantizar la seguridad y eficiencia del tránsito. Esta normativa, plasmada en manuales técnicos y reglamentos oficiales emitidos por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, define los estándares de diseño, fabricación, instalación y mantenimiento de las señales viales. Dichos manuales contienen especificaciones detalladas sobre los tipos de señales, sus dimensiones, colores, simbología y ubicación, así como los materiales permitidos. Al alinearse con las normas internacionales y las mejores prácticas en la materia, la normativa ecuatoriana busca asegurar la uniformidad, la legibilidad y la efectividad de la señalización vial en todo el territorio nacional, contribuyendo de manera significativa a la prevención de accidentes y a la optimización de la movilidad.

6.13. Estudios de Tráfico

6.13.1. Volumen y composición del tráfico

El estudio del volumen y composición del tráfico constituye una etapa fundamental en la planificación y diseño de infraestructuras viales. El relevamiento de datos, como primer paso en este proceso, implica la recopilación sistemática de información cuantitativa y cualitativa sobre el flujo vehicular en una determinada vía o red vial. Mediante técnicas como el conteo manual o automático de vehículos, la clasificación de los mismos por tipo, tamaño y velocidad, y la medición de parámetros como la ocupación vial y la velocidad promedio, se obtiene una caracterización precisa del comportamiento del tráfico. Estos datos son esenciales para la elaboración de modelos de demanda, la evaluación de la capacidad vial y la identificación de problemáticas asociadas a la

congestión y la seguridad vial. Un relevamiento de datos riguroso y exhaustivo permite tomar decisiones informadas en materia de gestión del tráfico y planificación urbana.

6.13.2. Diseño de la capacidad vial

El diseño de la capacidad vial es un proceso fundamental en la ingeniería de tránsito, que busca determinar el máximo flujo vehicular que una carretera puede soportar bajo condiciones específicas de diseño y operación. El cálculo de la capacidad vial involucra la aplicación de modelos matemáticos y la consideración de diversos factores, tales como las características geométricas de la vía (ancho de carriles, peralte, radio de curvas), las condiciones climáticas, el tipo de vehículos y los patrones de demanda. A través de este cálculo, se pueden establecer los niveles de servicio de la carretera, es decir, el grado de congestión y comodidad que experimentan los usuarios. Un diseño de capacidad adecuado garantiza la seguridad vial, optimiza el flujo vehicular y evita la saturación de las vías, contribuyendo así a una movilidad urbana eficiente.

6.13.3. Modelos de simulación de tráfico

Los modelos de simulación de tráfico constituyen una herramienta fundamental en el análisis y diseño de sistemas viales. Estos modelos, basados en la representación matemática del comportamiento de los vehículos y los usuarios de la vía, permiten simular diferentes escenarios de tráfico y evaluar el impacto de diversas intervenciones. A través de la utilización de software especializado, es posible analizar el flujo vehicular, identificar cuellos de botella, evaluar la eficacia de medidas de gestión del tráfico y predecir el comportamiento del sistema vial ante eventos imprevistos. Los modelos de simulación ofrecen una alta flexibilidad y permiten realizar análisis detallados, convirtiéndose en una herramienta invaluable para la toma de decisiones en materia de planificación y diseño vial.

6.14. Tipos de pavimentos

6.14.1. Principios de diseño

“El pavimento se considera como un sistema elástico lineal multicapas, en el cual los materiales están definidos por el módulo de Young de elasticidad (E) y la relación de Poisson (ν).

La inferior representa el terreno de fundación la cual se considera semi-infinita en el sentido vertical. La capa intermedia representa las capas de subbase o bases, cementadas o no. La capa superior representa todas las capas asfálticas, incluyendo las mezclas densas, bases abiertas y mezclas en frío. Se considera que entre todas estas capas, existe una fricción completa.

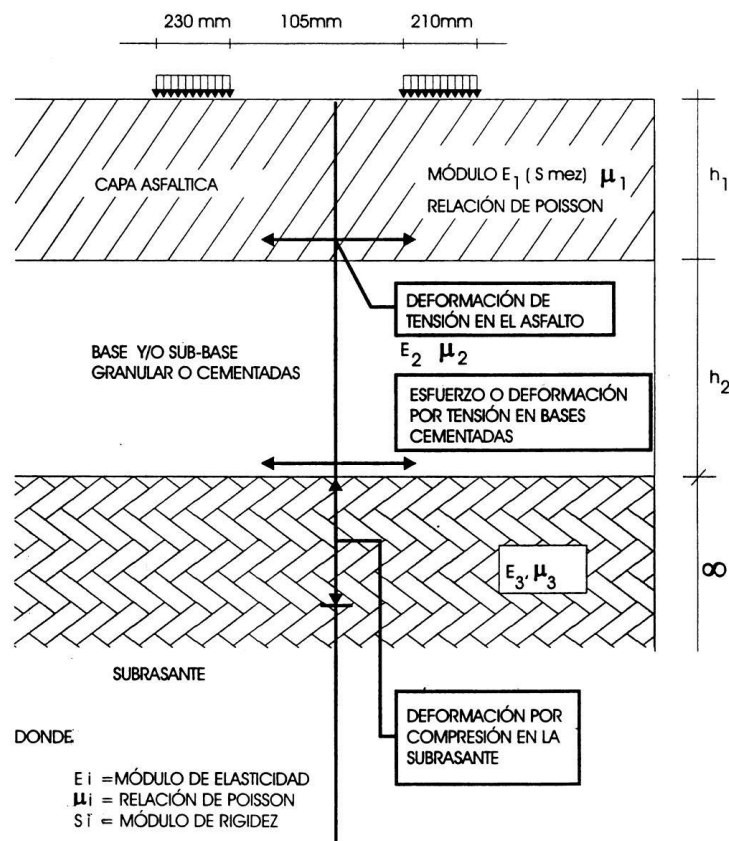
Los criterios principales considerados en el diseño estructural son los siguientes:

- Deformación por compresión en la superficie de la subrasante. Si esta es excesiva ocurrirán deformaciones que se reflejarán en la superficie del pavimento.
 - Deformación horizontal por tensión en la capa asfáltica. Si está es excesiva ocurrirán agrietamientos por fatiga de la capa asfáltica. La deformación máxima ocurre, por lo general, en la parte inferior de la capa asfáltica.
 - El esfuerzo de tensión o deformación unitaria permisible en Bases Cementadas. Si son excesivas las bases se agrietarán por fatiga. Los valores máximos ocurren en la parte inferior de las capas cementadas.
- Tránsito: Los pavimentos se diseñan para soportar el mínimo de repeticiones de cargas equivalentes totales a ser aplicadas durante el período de diseño, al final del cual la serviciabilidad será de 2,5.

El efecto del tránsito se toma en cuenta como repeticiones acumuladas de la carga patrón de diseño de 8,2 toneladas (80 Km, 18.000 lbs) por eje simple, aplicadas sobre dos ruedas standard dobles. El efecto de la aplicación de una carga axial de cualquier magnitud se transforma a repeticiones equivalentes de la carga patrón utilizando factores de equivalencia.” (Blackman, 2022)

Ilustración 9: Modelo Estructural Típico de un Pavimento: Materiales, Esfuerzos y Deformaciones.

Fuente: Diseño estructural de pavimentos flexibles y rígidos: nuevos y de refuerzo (Herbert Lynch Blackman, 2022)



7. Marco metodológico

El diseño de una vía conlleva ciertos estudios previos a su construcción los cuales delimitan su forma, su proceso constructivo y que cumpla con algunas condiciones

establecidas por normas viales que indican niveles de seguridad, su funcionalidad y la calidad de los materiales que se necesita.

La vía con objetivo de diseño cuenta con una capa superficial de material granular con poca compactación lo que genera un deterioro acelerando en la vía provocando malestar en los habitantes.

Los estudios por realizar son bajo el objetivo de mejorar la calidad de material y nivel de compactación, siendo finalmente cubierta por una capa de asfalto que permitirá mejorar el estado vial, para ello se establece el siguiente proceso metodológico

7.1. Levantamiento topográfico

7.1.1. Descripción

En base a lo revisado en sitio, las referencias existentes y el área de vía escogida a diseñar, se procede a realizar un replanteo general del tramo a intervenido, en donde se tomarán apuntes de las condiciones reales existentes que se deberán considerar para el planteo de soluciones durante el proceso del proyecto. El equipo de estudiantes encargados del proyecto integrador serán los responsables del levantamiento topográfico que posteriormente será revisado por el tutor a cargo.

Para el desarrollo de este proyecto se instalarán los puntos de control topográfico de coordenadas en su sistema UTM que serán distribuidos a lo largo del tramo seleccionado, para estas actividades se deberán considerar los materiales y herramientas adecuadas para realizar el respectivo registro de datos y los cálculos fundamentales.

7.1.2. Instrumentos para levantamiento topográfico

Estación total: El uso de la estación total ejercerá la función de la toma de puntos con alta precisión topográfica, del cual se obtendrá una medición gráfica real de la zona de estudio.

Estacas: Se implementará el uso de estacas para la definición de los puntos espaciales levantados durante el proceso topográfico.

GPS: La aplicación del GPS se llevará a cabo dentro del proceso de toma de datos con la finalidad de al redactar el informe del levantamiento poder georreferenciar todos los puntos considerados en la libreta de cálculo al ser exportados al plano final.

7.1.3. Herramientas para levantamiento topográfico

AutoCAD Civil 3D: Dentro del programa se exportarán las coordenadas obtenidas y la tabla de Excel generada dentro de la estación total para la elaboración de los planos necesarios del proyecto.

7.1.4. Consideraciones generales

Antes de realizar el trabajo de campo se coordinará un primer bosquejo de la toma de puntos de control geográfico, la señalización en sitio y cuál será el proceso que se llevará a cabo. Para el trabajo de levantamiento topográfico, se deberá considerar un control concordante con las tolerancias de espacios para la construcción de carreteras como muestra la siguiente tabla.

Tabla 1 Control de tolerancia.

Fase de trabajo	Horizontal	Vertical
Georreferenciación	1:100 000	± 5 mm
Puntos de Control	1:10 000	± 5 mm

Puntos del eje (PC), (PT), puntos en curva y referencias	1:5 000	± 10 mm
Otros puntos del eje	± 50 mm	± 100 mm
Sección transversal y estacas de talud	± 50 mm	± 100 mm
Alcantarillas, cunetas y estructuras menores	± 50 mm	± 20 mm
Muros de contención	± 20 mm	±10 mm
Estacas de subrasante	± 50 mm	± 10 mm
Estacas de rasante	±50 mm	± 10 mm

Nota: Especificaciones técnicas de topografía y georreferenciación SCRIBD.

7.2. Estudio de suelo

7.2.1. Calicata

La elaboración de una calicata en sitio es una herramienta de investigación dentro del cambio geotécnico, la finalidad de esta excavación es una prueba para verificar de manera efectiva y en corto tiempo el estado del suelo, debido a su facilidad de permitir un análisis visual de las caras horizontales y verticales expuestas en base a la profundidad realizada de la excavación.

7.2.2. Toma de muestras

Al realizar una excavación rápida (calicata), se tomará muestras de las diferentes capas de suelo que serán estudiadas para poder determinar las necesidades de mejoramiento de suelo al diseñar el tramo de carretera seleccionado.

Para el desarrollo de este proyecto se realizarán los ensayos de suelo necesarios para realizar el diseño ideal para las condiciones reales de tránsito en la carretera a estudiar.

7.3. Ensayos de suelo

7.3.1. Ensayo de granulometría

La finalidad del ensayo de granulometría para el proceso de este proyecto es poder definir la distribución que tendrán las partículas en cada muestra tomada, su clasificación se podrá dar mediante dos tipos de sistemas que corresponden a la AASHTO o SUCS. La importancia de este ensayo es que en base al resultado se elegirá la aceptación de tipo de suelo que se colocará en de suelos para ser utilizados en bases o subbases de carreteras.

7.3.2. Ensayo de humedad

El ensayo de humedad es tal cual indica el nombre, consiste en determinar mediante la muestra el contenido de humedad que se está posee, por lo tanto, al momento de la toma de muestras a través de la calicata de cada estrato de suelo existente se desarrollará el diseño de vía en base a estos resultados.

7.3.3. Ensayo de límite líquido y plástico

El ensayo de límite líquido va de la mano al ensayo de humedad, puesto que ayuda a determinar el contenido de humedad del suelo y a su vez la cohesión de las muestras adquiridas, con el ensayo de límite plástico se tendrá en consideración la cantidad de humedad del suelo en donde este presentará su propiedad plástica.

7.3.4. Ensayo de CBR

El ensayo CBR del cual sus siglas corresponden a California Bearing Ratio es un ensayo primordial para el diseño de carreteras este ensayo comprende en obtener un estimado de la capacidad de soporte que tendrá el suelo, para el caso de este proyecto es

de suma importancia para justificar la durabilidad del diseño de carretera al ser expuesta a altas cargas de transporte.

7.3.5. Ensayo de módulo de resiliencia

El ensayo de resiliencia será implementado dentro del proyecto, debido a su importancia acerca del análisis de los diversos materiales al ser expuestos a cargas dinámicas comprendiendo esto el flujo vehicular a actuar.

8. Desarrollo del proyecto

8.1. Levantamiento topográfico

Para el desarrollo del diseño de la vía se realizó en sitio levantamiento topográfico respectivo, donde se recopiló la siguiente información.

- Plano con abscisado y perfil longitudinal
- Plano con perfil longitudinal
- Recopilación de toma de puntos con uso de estación total.

Se realizó un levantamiento topográfico de 0.705 km desde el ingreso de vía la costa hasta el final de la vía principal tomando cada 20 metros en tramos rectos y cada 5 metros en curvas.

El Levantamiento topográfico fue necesario ya que nos da datos precisos de su elevación y de su geometría lo cual nos ayudara a realizar un diseño que cumpla con las necesidades viales del sector.

Ilustración 10: Vista 1 de plano con abscisado y perfil longitudinal

Fuente: Autores

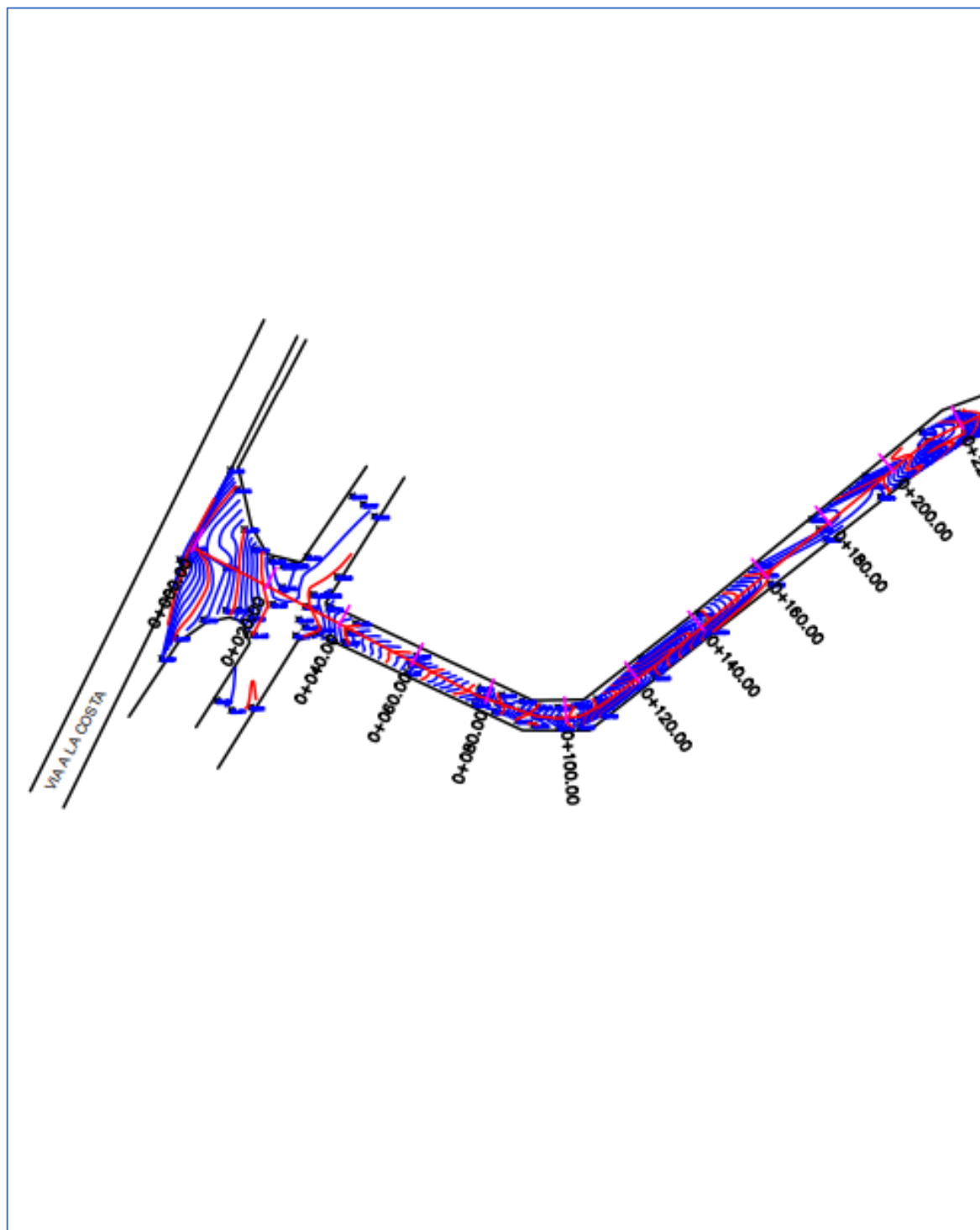


Ilustración 11: Vista 2 de plano con abscisado y perfil longitudinal

Fuente: Autores

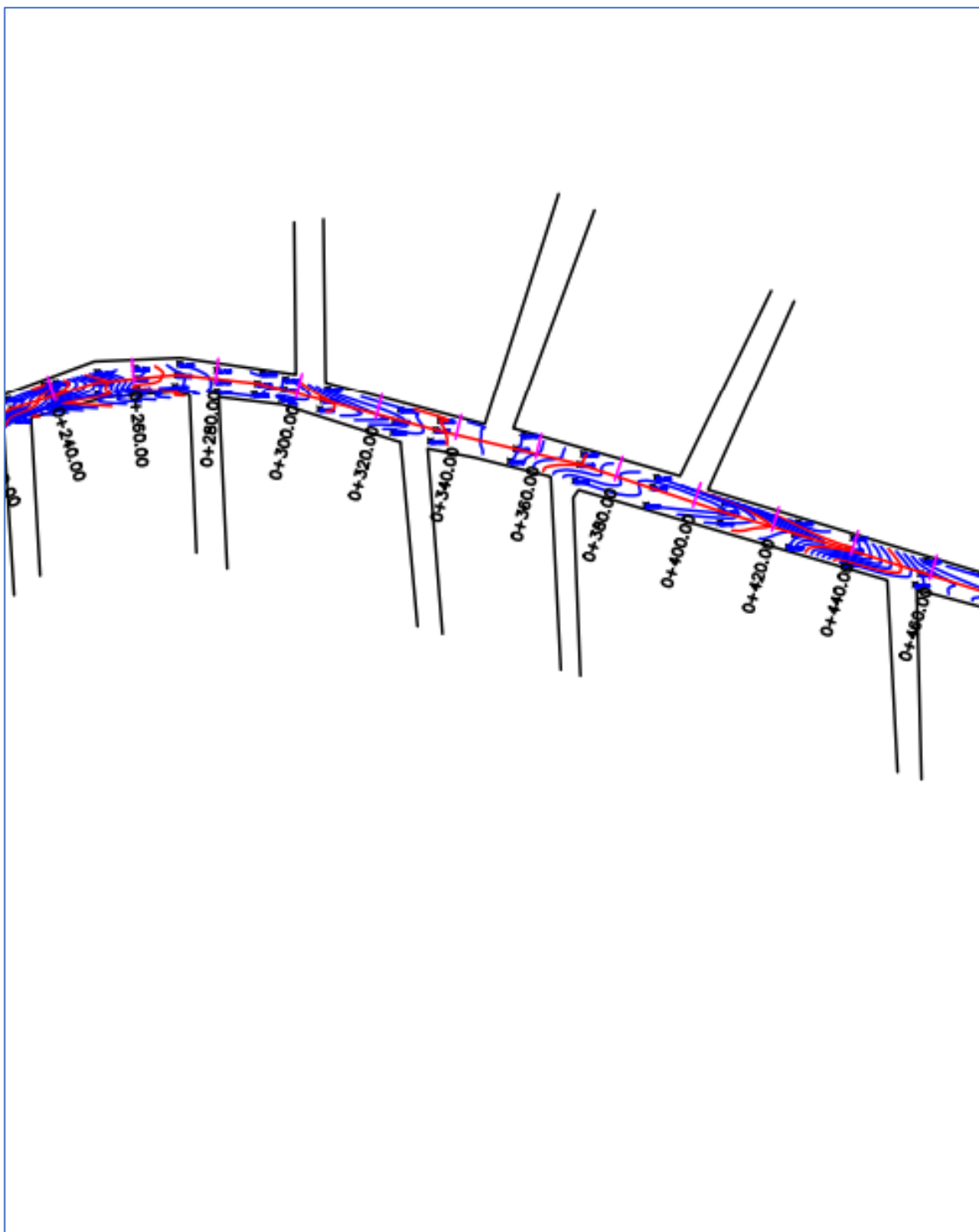


Ilustración 12: Vista 3 de plano con abscisado y perfil longitudinal

Fuente: Autores

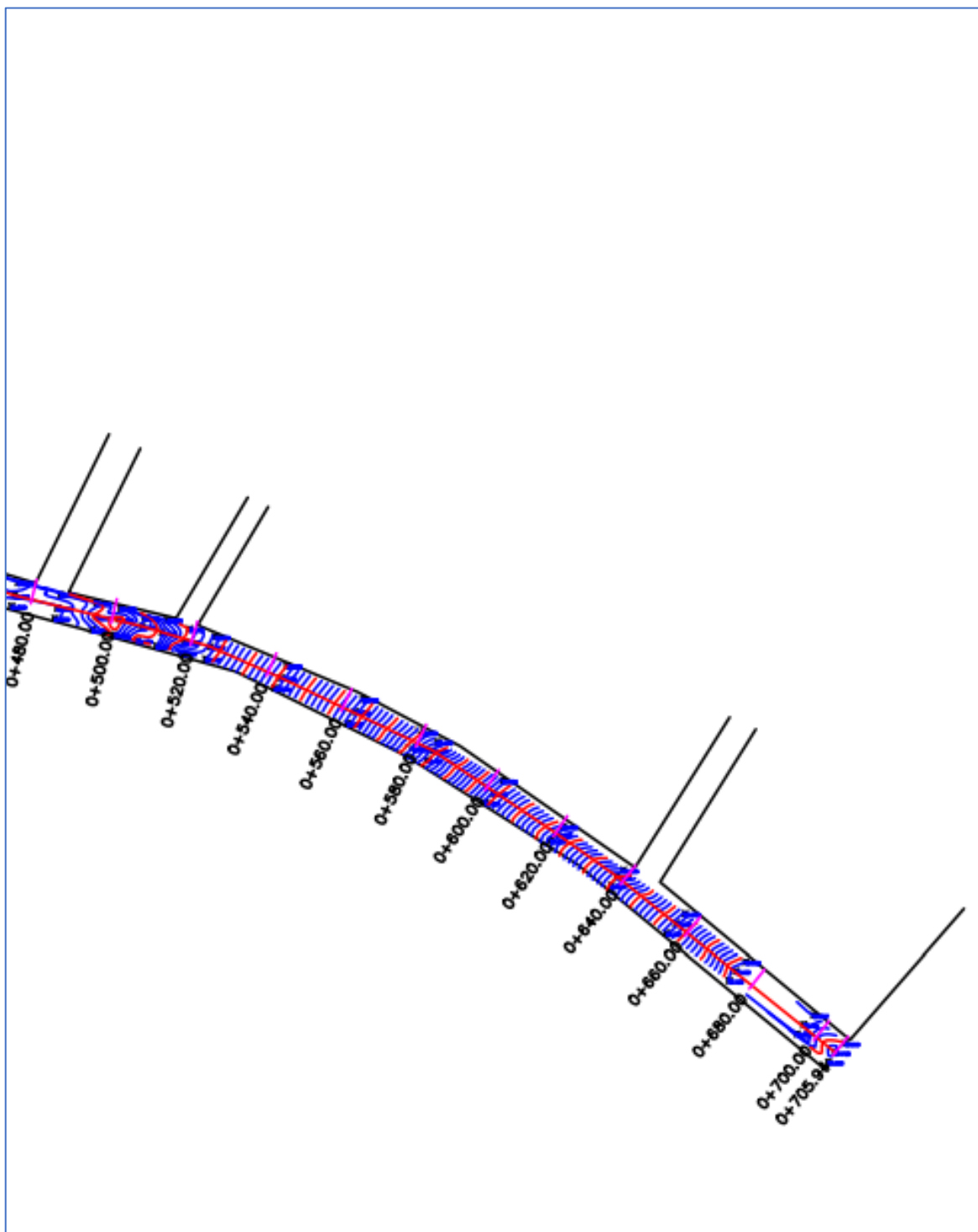


Ilustración 13: Vista 1 - Perfil longitudinal San Isidro

Fuente: Autores

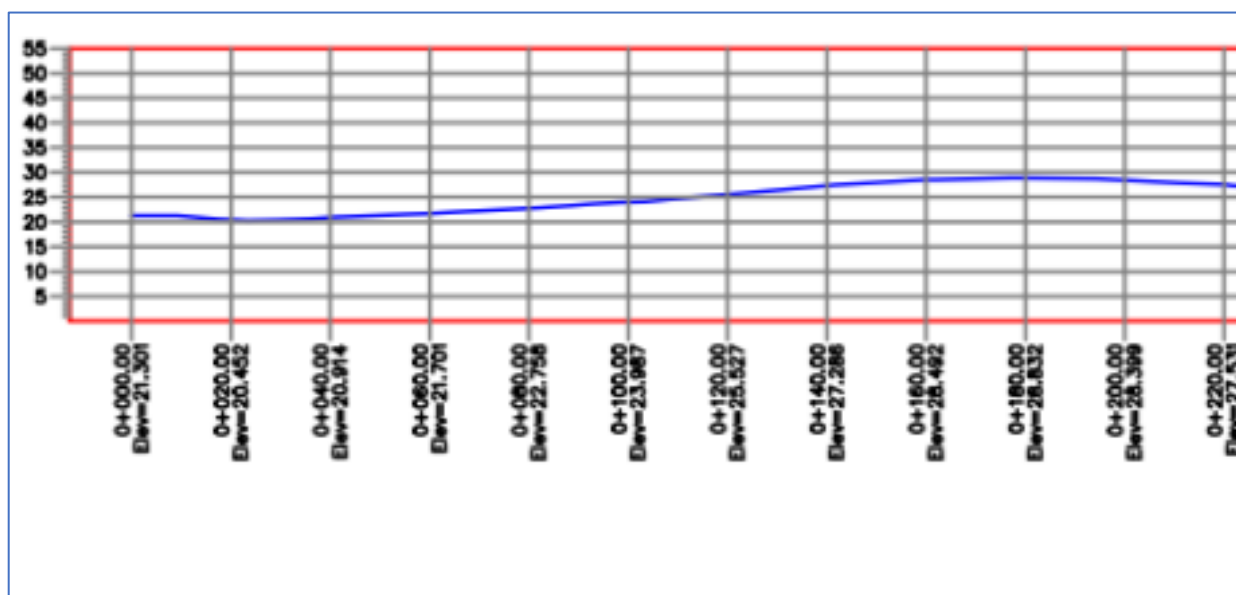


Ilustración 14: Vista 2 - Perfil longitudinal San Isidro

Fuente: Autores

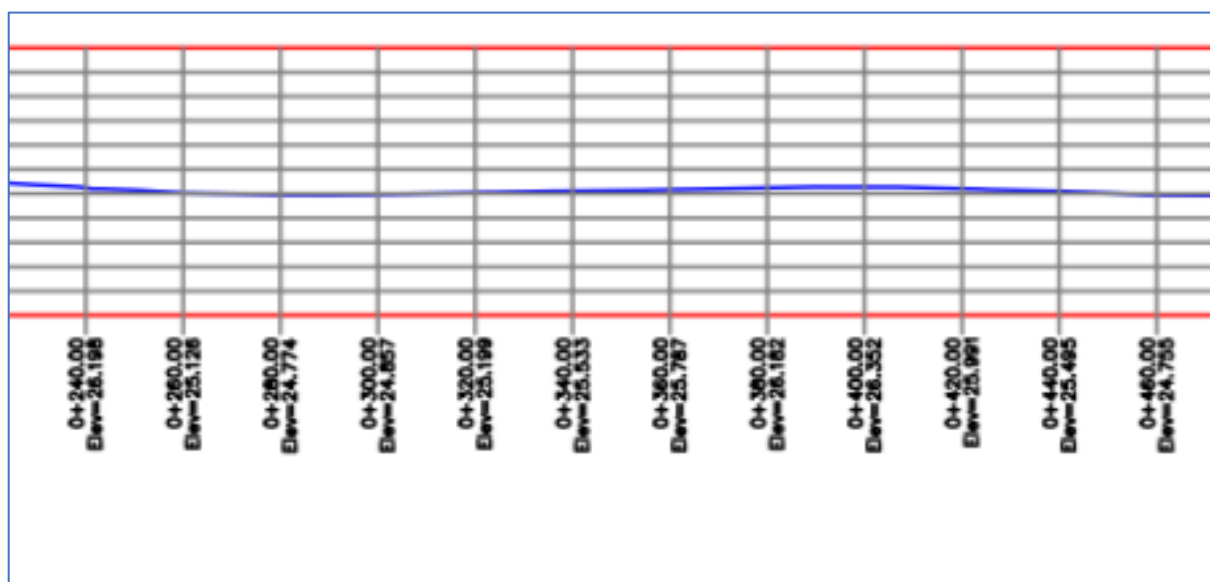


Ilustración 15: Vista 3 - Perfil longitudinal San Isidro

Fuente: Autores

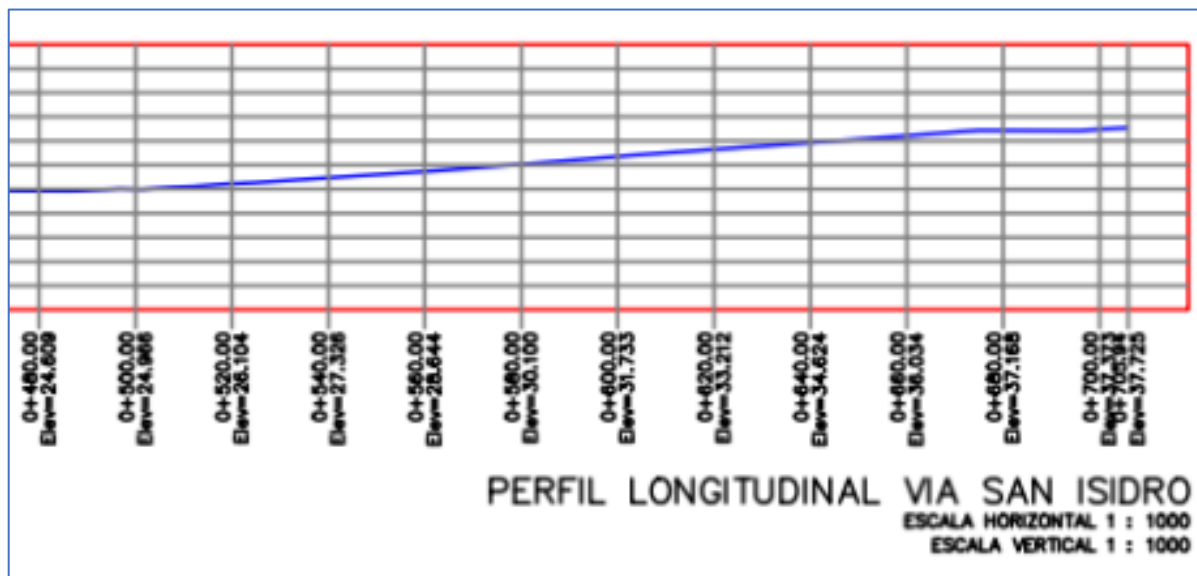


Ilustración 16: Vista 1 - Toma de puntos de vía de estudio

Fuente: Autores

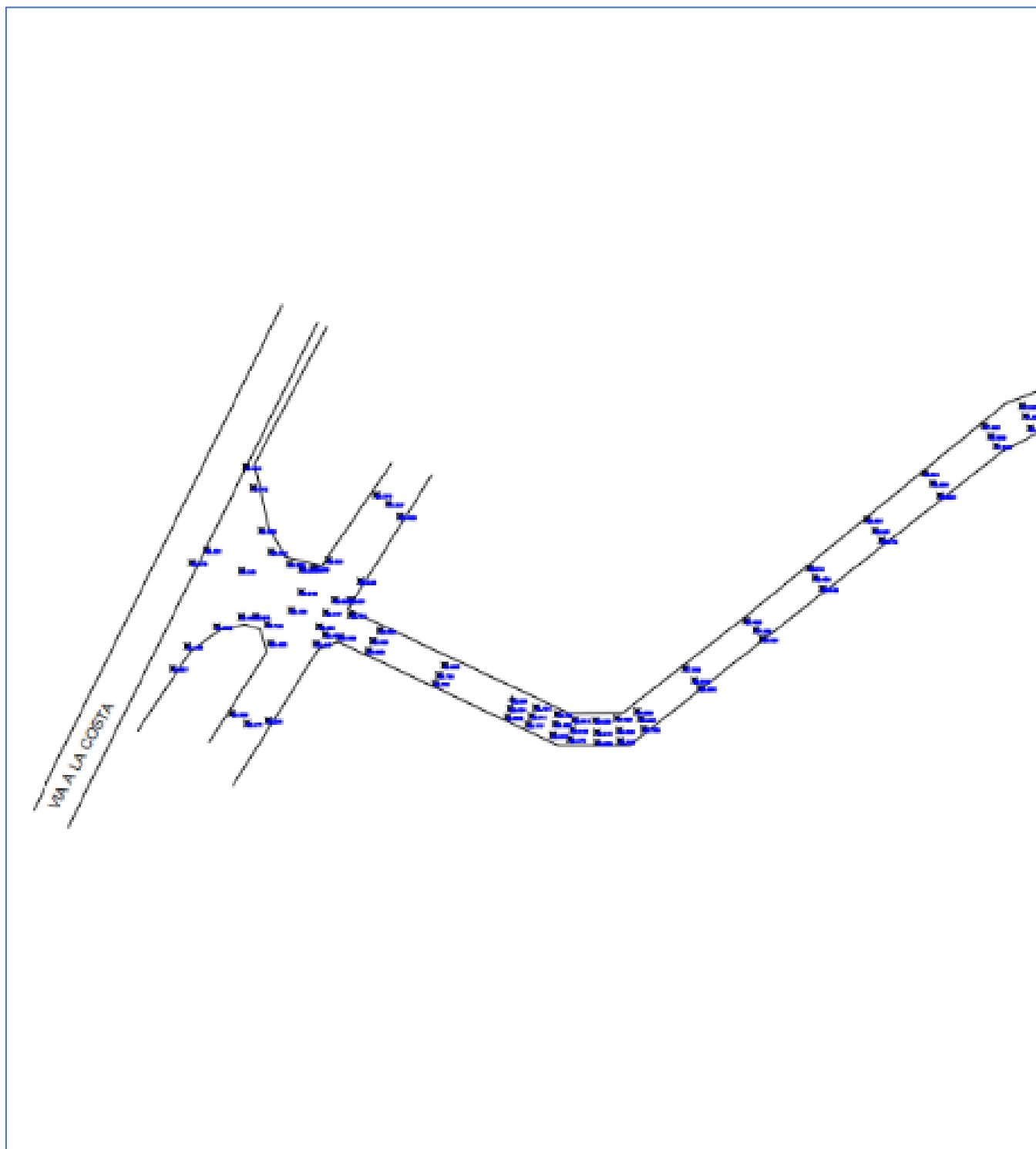


Ilustración 17: Vista 2 - Toma de puntos de vía de estudio

Fuente: Autores

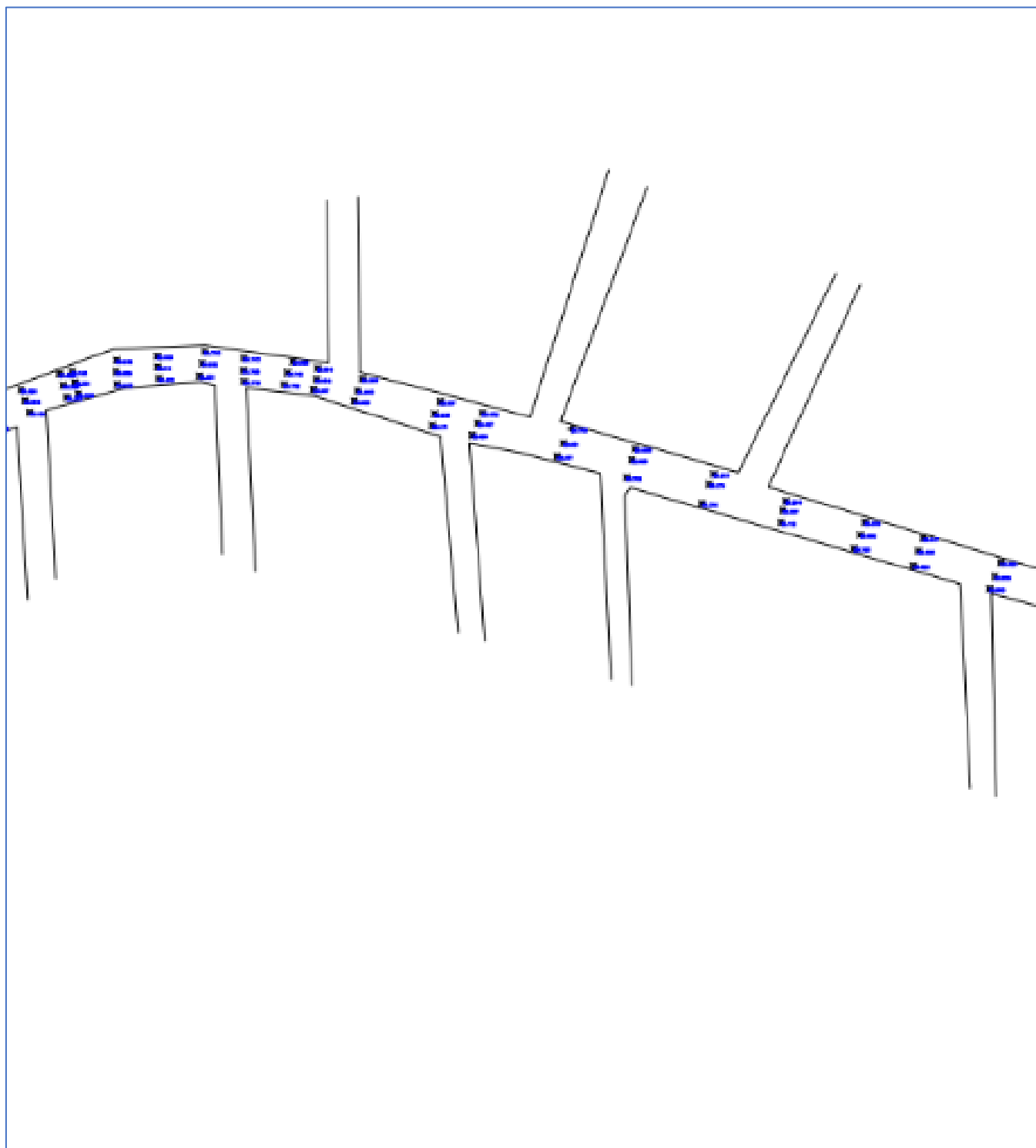
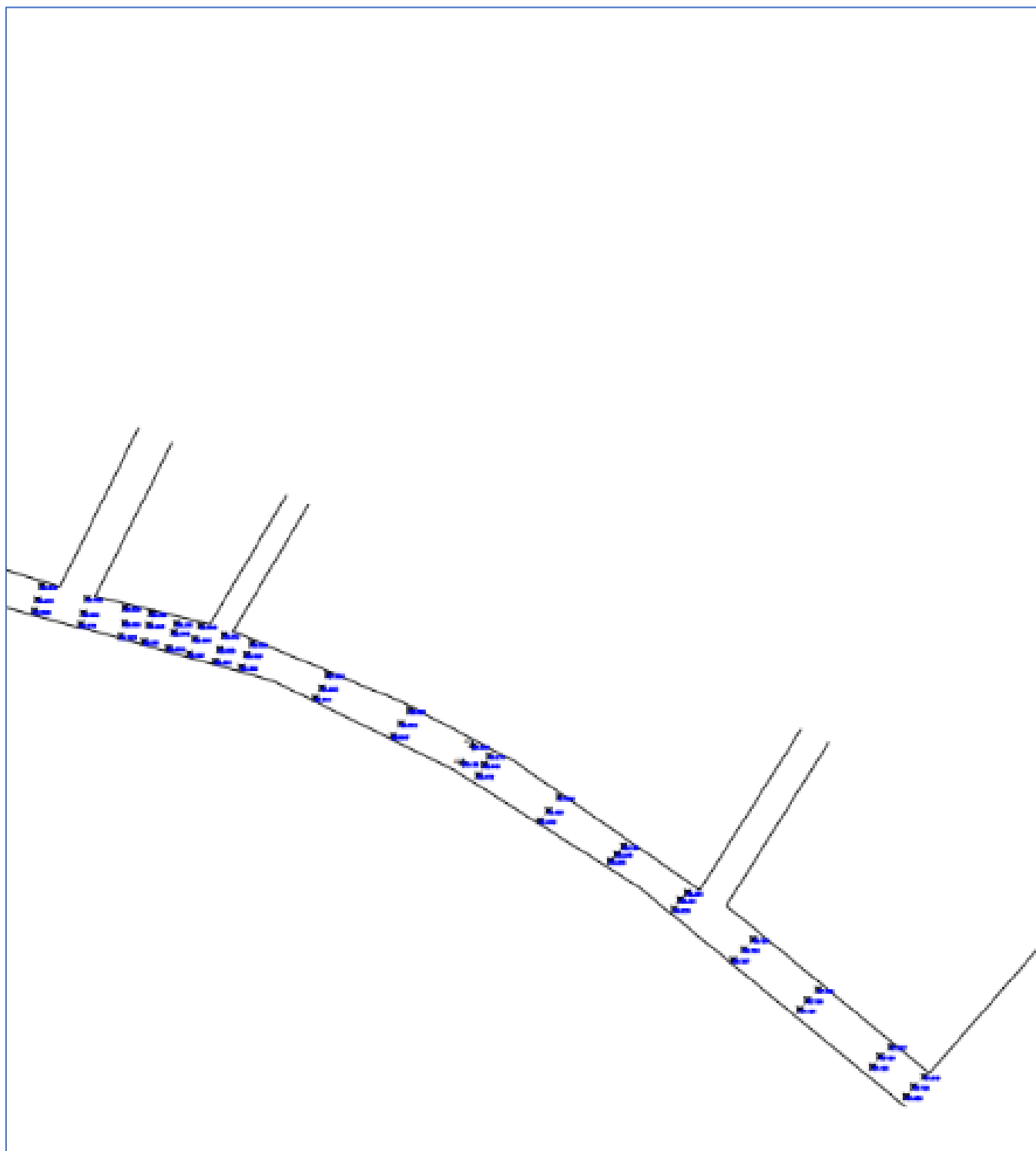


Ilustración 18: Vista 3 - Toma de puntos de vía de estudio

Fuente: Autores



8.2. Conteo vehicular

Mediante el análisis de los datos obtenidos en el conteo vehicular durante un período de 7 días en una jornada de 7:00 am a 18:30 pm, se dimensiona adecuadamente la estructura del pavimento, garantizando así su durabilidad y seguridad. Este conteo vehicular nos permitirá identificar las horas pico, la composición del tráfico y los patrones de circulación, lo que a su vez facilita la toma de decisiones informadas en cuanto a la selección de materiales, espesores de capas y diseño geométrico de la vía.

8.3. Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)

El cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es fundamental en cualquier proyecto vial, ya que permite conocer la cantidad promedio de vehículos que circulan por una vía en un día típico del año. Este dato es esencial para el diseño y la planificación de infraestructuras viales, pues proporciona una base sólida para determinar el tipo de pavimento, el ancho de la vía, y las medidas de seguridad necesarias.

8.4. Cálculo del promedio diario semanal

Tabla 2: Tabla de conteo de promedio diario semanal

Fecha	Livianos(L)			Pesados		Livianos	
	Autos	Camionetas	Buses(2D)	2DA	3A (0-00)	Motos	Vehículos Totales
Domingo 15-12-2024	132,00	16,0	0,00	3,00	2,00	60,00	213,0
Lunes 16-12-2024	215,00	25,0	2,00	7,00	2,00	71,00	322,0
Martes 17-12-2024	266,00	35,0	2,00	10,00	4,00	70,00	387,0
Miércoles 18-12-2024	275,00	37,0	0,00	7,00	0,00	77,00	396,0
Jueves 19-12-2024	220,00	33,0	2,00	11,00	0,00	71,00	337,0
Viernes 20-12-2024	225,00	36,0	2,00	2,00	8,00	84,00	357,0
Sábado 21-12-2024	204,00	18,0	0,00	2,00	2,00	89,00	315,0

$$T.P.D.S = \frac{5}{7} \sum \frac{Dn}{m} + \frac{2}{7} \sum \frac{De}{m}$$

En donde:

Dn= Días normales entre semana (lunes, martes, Miércoles, Jueves, Viernes)

De= Días restantes o feriados (sábado y Domingo)

m= Número de días que se contabilizaron

TPDS= 333 Vehículos/Diarios para ambos sentidos.

8.5. Factor de ajuste mensual (Fm)

Este valor corresponde al mes en que fue realizado el conteo, en este caso fue realizado en el mes de diciembre.

Tabla 3: Factor de ajuste mensual

Mes	Valor
Enero	1,07
febrero	1,132
Marzo	1,085
Abril	1,093
Mayo	1,012
Junio	1,034
Julio	1,982
Agosto	0,974
Septiembre	0,923
Octubre	0,931
Noviembre	0,953
Diciembre	0,878

Obtenemos para el mes de diciembre un valor de 0.878.

8.6. Factor de ajuste diario (Fd)

Tabla 4: Factor de ajuste diario

Dia	Conteo de vehículos diario	Porcentaje del conteo diario (Fd)
Domingo 15-12-2024	213,0	1,6
Lunes 16-12-2024	322,0	1,0
Martes 17-12-2024	387,0	0,9
Miércoles 18-12-2024	396,0	0,8
Jueves 19-12-2024	337,0	1,0
Viernes 20-12-2024	357,0	0,9
Sábado 21-12-2024	315,0	1,0
Promedio Fd		1,04

Con estos valores se puede calcular el transito promedio diario anual (TPDA)

$$TPDA = TPDS * F_m * F_d$$

$$TPDA = 333 * 0,878 * 1,04$$

$$TPDA = 303 \text{ Vehículos diarios anuales}$$

8.7. Cálculo del tráfico asignado

Con el valor obtenido de TPDA se puede calcular el volumen vehicular en futuros años.

$$\text{Trafico asignado} = TPDA + 25\% TPDA$$

$$\text{Trafico asignado} = 303 + 25\% * 303$$

$$\text{Trafico asignado} = 363,48.$$

Se realiza proyecciones a 20 años por cada tipo de vehículo con la siguiente ecuación:

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

En donde:

Tf= Trafico Futuro

Ta= Trafico anual

I= Tasa de crecimiento

N= Número de años de la proyección (20 años)

Tabla 5: Proyección a 20 años

Año	n	Livianos (L)			Pesados (P)		Livianos (L)	Total
		Livianos	Camionetas	Buses	2DA	3A		
		0,0281	0,0173		0,0161			
2025	0	240,08	31,24	1,25	6,56	2,81	81,54	363,48
2026	1	246,83	31,78	1,27	6,67	2,86	83,83	373,23
2027	2	253,76	32,33	1,29	6,77	2,90	86,18	383,24
2028	3	260,89	32,89	1,31	6,88	2,95	88,61	393,53
2029	4	268,22	33,46	1,33	6,99	3,00	91,10	404,10
2030	5	275,76	34,04	1,35	7,11	3,05	93,66	414,96
2031	6	283,51	34,63	1,38	7,22	3,09	96,29	426,11
2032	7	291,48	35,23	1,40	7,34	3,14	98,99	437,57
2033	8	299,67	35,83	1,42	7,45	3,19	101,77	449,35
2034	9	308,09	36,45	1,44	7,57	3,25	104,63	461,44
2035	10	316,75	37,09	1,47	7,70	3,30	107,57	473,87
2036	11	325,65	37,73	1,49	7,82	3,35	110,60	486,63
2037	12	334,80	38,38	1,51	7,95	3,41	113,70	499,75
2038	13	344,21	39,04	1,54	8,07	3,46	116,90	513,22
2039	14	353,88	39,72	1,56	8,20	3,52	120,18	527,06
2040	15	363,82	40,41	1,59	8,34	3,57	123,56	541,29
2041	16	374,04	41,11	1,61	8,47	3,63	127,03	555,90
2042	17	384,56	41,82	1,64	8,61	3,69	130,60	570,91
2043	18	395,36	42,54	1,67	8,75	3,75	134,27	586,33
2044	19	406,47	43,28	1,69	8,89	3,81	138,05	602,18
2045	20	417,89	44,02	1,72	9,03	3,87	141,93	618,46

8.8. Clasificación de la vía

La clasificación de la vía se realizó en base a lo establecido por la Norma de Diseño geométrico del MTOP dándonos como resultado una vía de clase III de dos carriles cada uno en diferente sentido.

8.9. Estudio de suelo

Se realizo dos tomas de muestra a lo largo de toda la vía, una al principio de la vía y la otra al final de ella, para cada calicata se tomó en cuenta una excavación con una

profundidad de 1,5 metros, esto con el fin de realizar distintos ensayos de suelo lo cual nos permitirá saber sus características.

Al culminar la excavación se pudo observar un solo estrato a lo largo de toda la profundidad excavada, esto para ambas calicatas realizadas, se tomó aproximadamente 50 kg de muestra por cada calicata esto con el fin de realizar ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor y CBR.

8.10. Ensayo de contenido de humedad

Para la ejecución del ensayo de contenido de humedad se obtuvo la muestra con su contenido de humedad natural para ello se utilizó recipientes herméticos para que pueda mantener su humedad, un horno que pueda alcanzar mínimo los 110 °C, se pesa la muestra antes de ser colocada en el horno, luego se deja colocada la muestra en el horno durante 24 horas, una vez cumpla las 24 horas se retira y se vuelve a pesar.

Para saber el porcentaje de humedad se utiliza la ecuación dada por la ASTM D2216.

$$\%de\ humedad = \frac{Peso\ Humedo - Peso\ Seco}{Peso\ seco - peso\ de\ recipiente} * 100$$

Tabla 6: Cálculo de contenido de humedad

Calicata	Peso Húmedo (gr)	Peso Seco (gr)	Peso de recipiente (gr)	% de humedad
1	1450,2	1735,3	433,6	11,4%
2	1253,5	1553,3	430,4	11,6%
Promedio				11,5%

8.11. Ensayo de agregados

El ensayo fue realizado en base a la norma ASTM D75 para la cual fue necesario colocar toda la muestra obtenida de las calicatas en el suelo y mezclarla con una pala.

Una vez mezclado el material fue tendido en el suelo y posteriormente dividido en cuatro partes, se escogen 2 esquinas diagonales y se separa del resto de la muestra, luego es tendido nuevamente y se repite el proceso, con el material obtenida de la segunda división es llevada al horno durante 24 horas para que pueda estar seca y poder empezar el ensayo

8.12. Ensayo Granulométrico

El ensayo de granulometría se realizó en base a la norma ASTM D6913.

Para la ejecución del ensayo es utilizada la muestra seca que obtuvimos del ensayo de agregados, un cucharon, juego de tamiz, tamizadora y una balanza.

En la calicata 1 se usó una muestra de 1297,9 gr, posteriormente fue colocada en el juego de tamices, dicho juego va desde los 3/8" hasta el tamiz N° 200 (0.075mm) y la bandeja de fondo, dada la capacidad de la tamizadora la muestra fue tratada en 3 distintas partes con un intervalo de duración de 15 minutos cada una.

Ilustración 19: Tesista en realización de ensayos

Fuente: Autores



Ilustración 20: Tesista en realización de ensayos

Fuente: Autores



Ilustración 21: Proceso de ensayos de laboratorio

Fuente: Autores



Ilustración 22:Proceso de ensayos de laboratorio

Fuente: Autores



Ilustración 23:Proceso de ensayos de laboratorio

Fuente: Autores



De lo tamizado se empieza a recolectar el material retenido a partir del tamiz #40, este material fino será usado posteriormente para el ensayo de los límites de Atterberg.

Para la calicata 1 se dio los siguientes resultados:

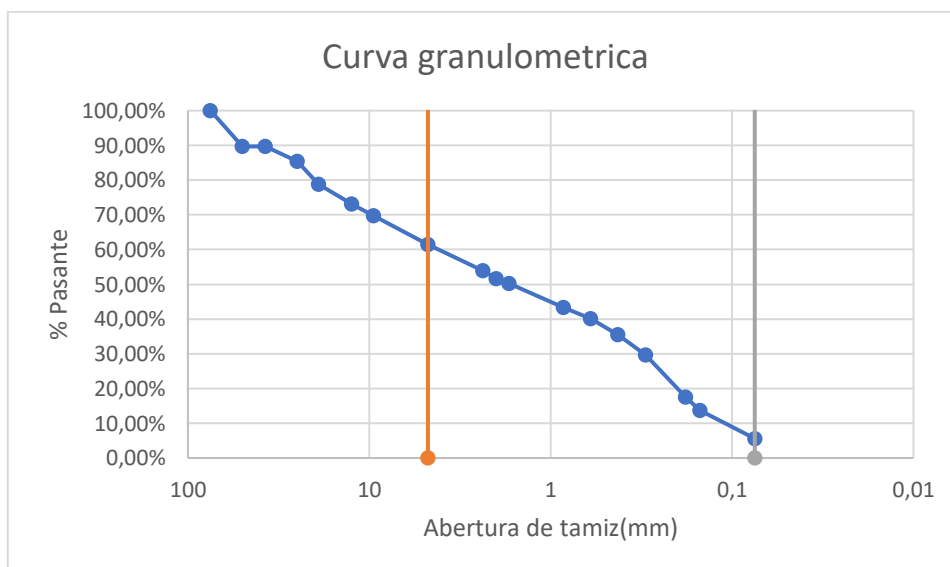
Tabla 7: Tamizaje de muestras

CALICATA 1						
	Tamiz (MM)	Tamiz (PULG)	PESO RETENIDO (G)	PORCENTAJE RETENIDO %	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO %	PORCENTAJE PASANTE %
GRAVA	75	3"	0	0,00%	0,00%	100,00%
	50	2"	134	10,33%	10,33%	89,67%
	37,5	1 1/2"	0	0,00%	10,33%	89,67%
	25	1"	56,1	4,32%	14,65%	85,35%
	19	3/4"	85,7	6,60%	21,25%	78,75%
	12,5	1/2"	73,3	5,65%	26,90%	73,10%
	9,5	3/8"	42,6	3,28%	30,18%	69,82%
	4,75	Nº4	108,9	8,39%	38,58%	61,42%
ARENA	2,36	Nº8	97,6	7,52%	46,10%	53,90%
	2	Nº10	29,3	2,26%	48,35%	51,65%
	1,7	Nº12	18,3	1,41%	49,76%	50,24%
	0,85	Nº20	88,6	6,83%	56,59%	43,41%
	0,6	Nº30	43,5	3,35%	59,94%	40,06%
	0,425	Nº40	58,8	4,53%	64,48%	35,52%
	0,3	Nº50	77	5,93%	70,41%	29,59%
	0,18	Nº80	155,6	11,99%	82,40%	17,60%
	0,15	Nº100	51,6	3,98%	86,38%	13,62%
	0,075	Nº200	104	8,01%	94,39%	5,61%
FONDO			72,8	5,61%	100,00%	0,00%
TOTAL			1297,7	100,00%		

Teniendo en cuenta la cantidad de partículas retenidas en cada tamiz se obtuvo el porcentaje de cada tipo de material del cual está compuesta la muestra.

Tabla 8: Definición de suelo calicata 1

Tipo de suelo	Porcentaje retenido de la muestra
%GRAVA	38,58%
%ARENA	55,81%
%LIMOSO	5,61%

Ilustración 24: Curva granulométrica

Con la granulometría del material se realiza la clasificación del tipo de suelo en el que va a ser diseñada la vía, esto es realizado mediante el sistema SUCS Y AASTHO.

En base a la clasificación SUCS al ser 56% de material arenoso se determina que el suelo es arena bien graduada con arcilla (SW) y dio un suelo A-3 usando la clasificación AASTHO.

El proceso se repite para la calicata 2 la cual se usó una muestra de 1125,6 gr

Tabla 9: Tamizaje de muestras calicata 2

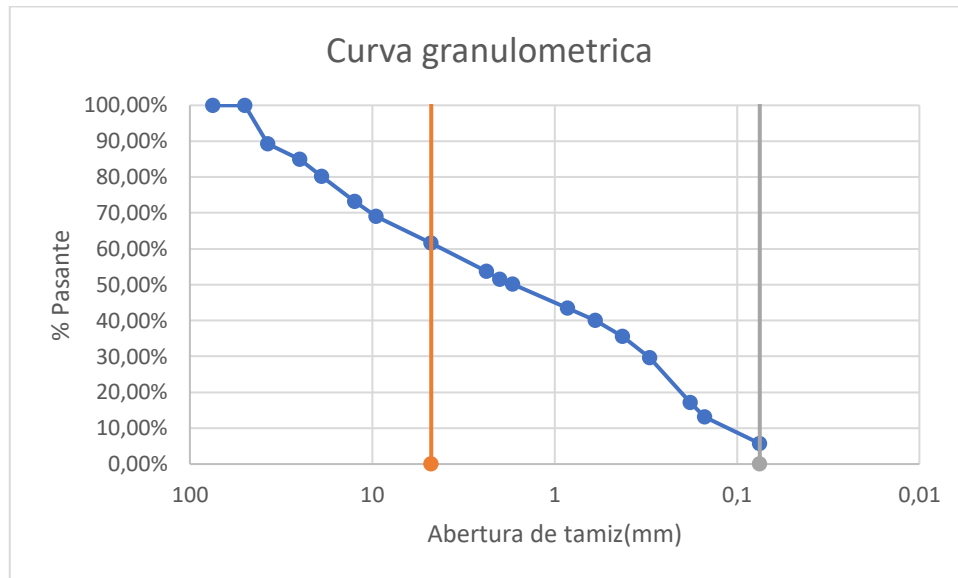
CALICATA 2						
	Tamiz (MM)	Tamiz (PULG)	PESO RETENIDO (G)	PORCENTAJ E RETENIDO %	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO %	PORCENTAJ E PASANTE %
GRAVA	75	3"	0	0,00%	0,00%	100,00%
	50	2"	0	0,00%	0,00%	100,00%
	37,5	1 1/2"	121,1	10,75%	10,75%	89,25%
	25	1"	48,9	4,34%	15,10%	84,90%
	19	3/4"	53,6	4,76%	19,86%	80,14%
	12,5	1/2"	77,8	6,91%	26,76%	73,24%
	9,5	3/8"	47,8	4,24%	31,01%	68,99%
	4,75	Nº4	82,5	7,33%	38,34%	61,66%
ARENA	2,36	Nº8	89,1	7,91%	46,25%	53,75%
	2	Nº10	25,8	2,29%	48,54%	51,46%
	1,7	Nº12	15	1,33%	49,87%	50,13%
	0,85	Nº20	75,5	6,70%	56,58%	43,42%
	0,6	Nº30	38,1	3,38%	59,96%	40,04%
	0,425	Nº40	50,2	4,46%	64,42%	35,58%
	0,3	Nº50	67,5	5,99%	70,41%	29,59%
	0,18	Nº80	140,7	12,49%	82,91%	17,09%
	0,15	Nº100	44,2	3,93%	86,83%	13,17%
	0,075	Nº200	83,8	7,44%	94,27%	5,73%
FONDO			64,5	5,73%	100,00%	0,00%
TOTAL			1126,1	100,00%		

Se toma en cuenta nuevamente el porcentaje retenido de cada tipo de material que esta compuesta la muestra.

Tabla 10: definición de suelo calicata 2

Tipo de suelo	Porcentaje retenido de la muestra
%GRAVA	38,34%
%ARENA	55,94%
%LIMOSO	5,73%

Ilustración 25: Curva granulométrica calicata 2



En base a la clasificación SUCS al ser 56% de material arenoso se determina que el suelo es arena bien graduada con arcilla (SW) y dio un suelo A-3 usando la clasificación AASTHO.

8.13. Ensayo de Atterberg

No se realizó el ensayo de límites de Atterberg debido a que el suelo analizado fue clasificado como SW (arena bien graduada con contenido de arcilla), según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS). Este tipo de suelo, al ser predominantemente granular y bien graduado, presenta una baja plasticidad que limita la relevancia de los límites de Atterberg para su caracterización. Los suelos SW tienen un comportamiento mecánico favorable y una menor influencia de las propiedades plásticas, por lo que su evaluación se centraría más en ensayos granulométricos y de compacidad que en pruebas relacionadas con la plasticidad.

8.14. Ensayo Proctor modificado

Para la ejecución del ensayo Proctor modificado se toma como referencia lo establecido en la normativa AASHTO T180 y se establece que tipo de molde se va usar, para este caso se usa el método C usando moldes de 6 pulgadas y aproximadamente 5.5 kg de muestra.

El proceso que se llevó a cabo para realizar el ensayo fue primero dejar secar el material durante 24 horas aproximadamente, una vez seca la muestra se empieza a tamizar todo el material a ser usado, dicho material tiene que pasar de la malla $\frac{3}{4}$ " luego la muestra es dividida para 5 moldes por calicata de 5.5 kg para cada molde, una vez distribuida la muestra se procede a humedecer la muestra con un 2% de agua del peso de muestra en cada molde, se mezcla uniformemente la mezcla para que quede correctamente humedecida, la muestra humedecida es colocada en los moldes por capas, cada molde será rellenado en 5 capas y cada capa debe estar correctamente compactada por medio de un pisto, el cual será utilizado para golpear la muestra 56 veces por cada capa.

Una vez compactada las 5 capas se procede a retirar el collar del molde para poder ser nivelado sacando el exceso de material sobrante y ser pesada en la balanza, luego se toman 2 pequeñas muestras del material compactado tanto de la parte superior como de la parte inferior, esta muestra es pesada y colocada en recipientes para posteriormente ser colocada en el horno y poder obtener su contenido y humedad optimo el cual se obtiene mediante una gráfica densidad/humedad para ello se necesita realizar el proceso 5 veces aumentando 2% del peso de la muestra en agua por cada molde.

Ilustración 26:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor

Fuente: Autores



Ilustración 27:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor

Fuente: Autores

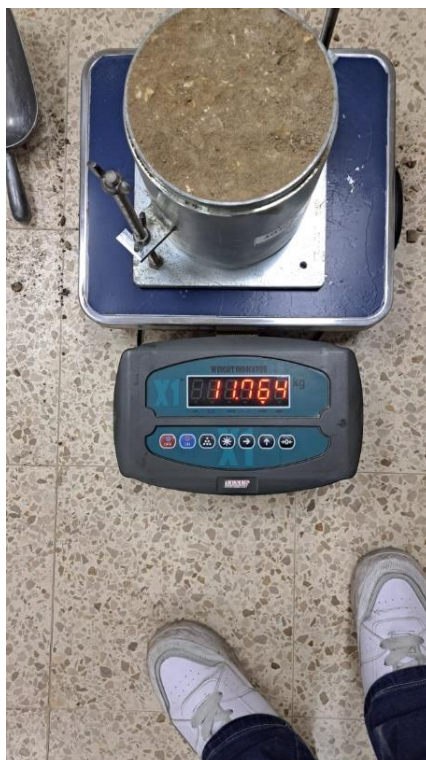


Ilustración 28:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor

Fuente: Autores



Ilustración 29:Proceso de ensayos de laboratorio Proctor

Fuente: Autores



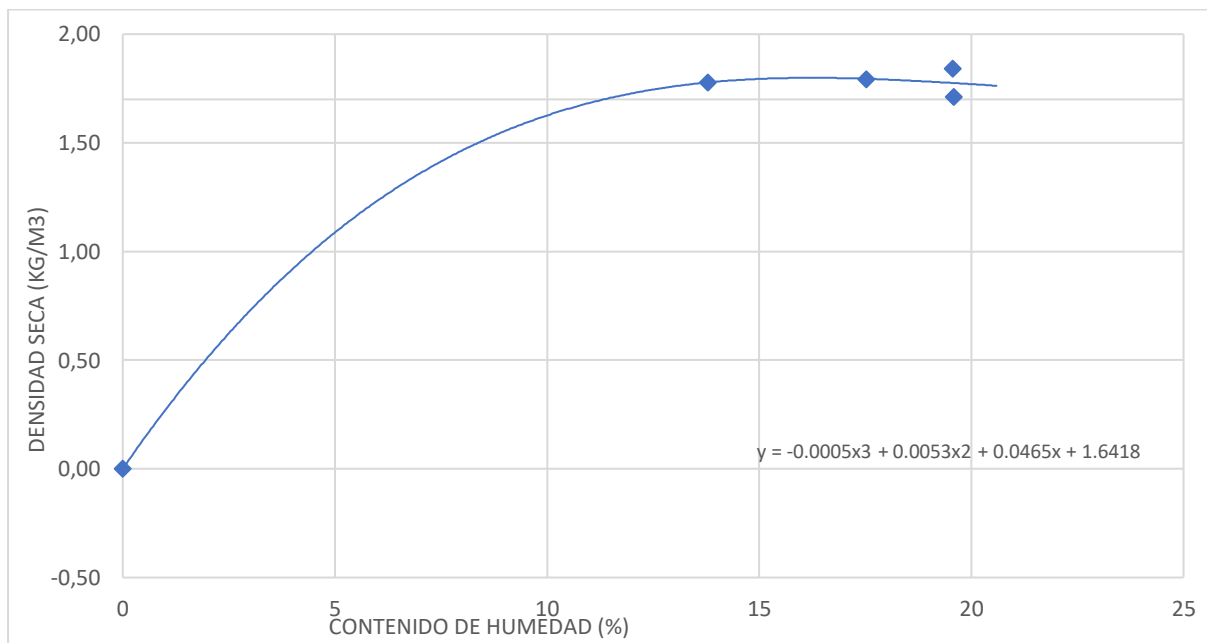
Ilustración 30: Proceso de ensayos de laboratorio Proctor

Fuente: Autores



Los datos para la primera muestra fueron los siguientes.

Ilustración 31: gráfica densidad/ humedad



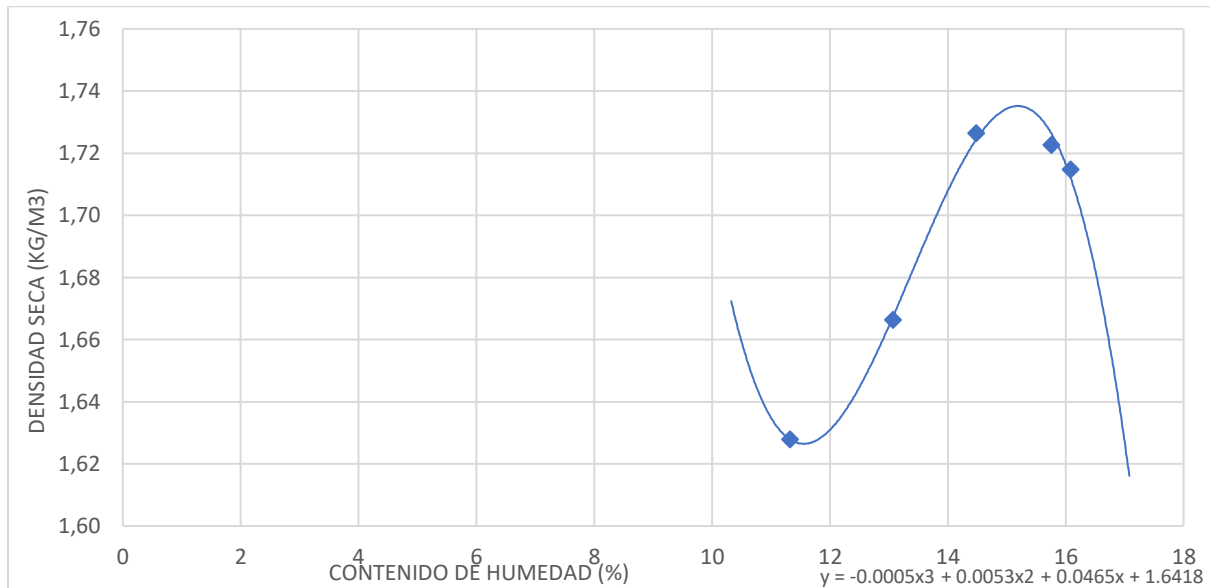
Da como resultado una densidad y humedad máxima las cuales son:

Contenido de humedad máxima= 15.6%

Y un contenido de densidad seca máxima de 1.8 Kg/m³

Con los datos de la segunda muestra dan los siguientes resultados

Ilustración 32: gráfica densidad/ humedad



Da como resultado una densidad y humedad máxima las cuales son:

Contenido de humedad máxima= 15%

Y un contenido de densidad seca máxima de 1.73 Kg/m³

8.15. Ensayo CBR

Para el ensayo CBR (Índice de soporte california) se utilizó la normativa AASHTO T193-63, para este ensayo fue necesario usar 6 moldes distintos 3 moldes para cada calicata, una balanza, 6 anillos, discos de 5 libras de peso un horno, papel filtro, placa perforada, calibrador digital, máquina para CBR, martillos proctor, discos espaciadore, trípode y dial.

Se prepara la muestra secándola a 60°C esto para poder utilizar el material lo más seco posible, la muestra tiene que estar tamizada previamente por el tamiz #3/4", luego de

que la muestra se encuentre seca se le coloca el contenido de humedad máximo obtenido previamente en el ensayo de procto modificado.

Se comienza a dividir la muestra en 5 partes iguales esto para ir colocando 5 capas por molde, al ser 3 moldes distintos se usarán 3 niveles distintos de compactación, esto con el fin de obtener 3 curvas distintas, el primer molde tendrá un nivel de compactación de 12 golpes por capa, el segundo molde tendrá 25 números de golpe por capa y el tercer molde será con 56 número de golpe por capa, y así con ambas calicatas.

Una vez terminada y compactada todas las muestras se pesan en la balanza y se procede a colocar el disco espaciador, sobre el disco espaciador es colocado los 2 discos de 5 libras, esto a cada muestra, por último, se deja encerrada con el trípode y dial, luego es sumergida en una piscina.

Se deja la muestra en estas condiciones durante 96 horas, una vez completada el periodo de inmersión, se retira el peso con el disco espaciado y también la muestra, esta última se deja reposar fuera de la piscina durante aproximadamente 30 minutos, luego se procede a ser pesadas y tomar el dato.

Una vez que la muestra ha sido preparada según las especificaciones técnicas, compactada en el molde metálico y sometida a un periodo de saturación (cuando corresponde), se coloca dentro de la máquina de ensayo. La muestra permanece confinada lateralmente por el molde y apoyada sobre una base perforada que asegura la distribución uniforme de la carga, simulando las condiciones reales del suelo en el terreno.

Posteriormente se posiciona un pistón cilíndrico estándar, de 50 mm de diámetro, en contacto con la superficie de la muestra. A través de un sistema hidráulico o mecánico, este pistón aplica una carga vertical que avanza a una velocidad constante de 1.27 mm/min, conforme a lo establecido en las normas técnicas. La velocidad constante es

esencial para evitar deformaciones anómalas en el suelo y garantizar la validez de los resultados. Durante este proceso, el pistón penetra gradualmente en la muestra, y la máquina registra la resistencia que el suelo opone a diferentes profundidades, siendo las mediciones más relevantes las obtenidas a 2.5 mm y 5 mm de penetración.

El sistema de la máquina incluye sensores o indicadores que cuantifican la carga aplicada y la profundidad alcanzada, proporcionando datos precisos para el cálculo del índice CBR. Este índice se obtiene comparando la carga medida en la muestra con una carga estándar correspondiente a un material de referencia de alta calidad, como roca

El ensayo CBR, mediante la interacción del pistón con la muestra, permite simular las condiciones de carga que enfrentará el suelo en su uso proyectado, como el soporte de una vía o infraestructura. Los resultados obtenidos son fundamentales para el diseño del pavimento, ya que permiten determinar el grosor adecuado de las capas estructurales en función de las características del terreno y las demandas del tráfico. Este procedimiento garantiza que el diseño vial sea seguro, eficiente y adaptado a las condiciones reales del suelo.

Ilustración 33: Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 34: Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 35: Ensayo CBR

Fuente: Autores

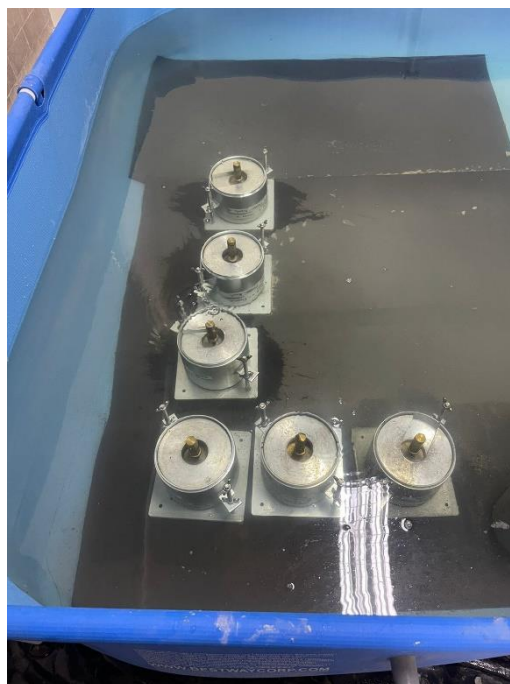


Ilustración 36: Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 37: Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 38: Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 39: Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 40: Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 41: Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 42: Ensayo CBR

Fuente: Autores



CBR CALICATA 1

Los resultados para la primera calicata nos dan como Densidad máxima 1.8 Kg/m³ y obtenemos un CBR de 8,76%

CBR CALICATA 2

Los resultados para la segunda calicata nos dan como Densidad máxima 1.73 kg/m³ y obteneos un CBR de 11.62%

8.16. CBR de diseño

Se coloca un valor según lo establecido por el instituto de asfalto.

Tabla 11: determinación de capas

No. De ejes de 8,2 Ton en carril de diseño Nt	Porcentaje
<10 ⁴	60
10 ⁴ -10 ⁶	75
>10 ⁶	90

El valor del carril de diseño dio 202736,53 entonces se utiliza 75% para el diseño.

8.17. Diseño geométrico

El diseño geométrico vial se establece de acuerdo con el levantamiento topográfico obtenido debido a que la vía se encuentra delimitada por terrenos con viviendas ya edificadas, se toma la geometría ya existente en campo y con ello se procede a establecer sus delimitaciones como la velocidad y distancia de visibilidad de adelantamiento.

8.18. Diseño de pavimento

El diseño del pavimento es fundamental para garantizar la seguridad, durabilidad y funcionalidad de las vías, ya que debe soportar las cargas dinámicas generadas por el tráfico y las condiciones climáticas a las que estará expuesto. Un diseño adecuado permite optimizar los recursos económicos al evitar fallas prematuras, reduciendo los costos de mantenimiento y reparación. Además, contribuye al confort de los usuarios al proporcionar una superficie uniforme y resistente, mejorando la experiencia de conducción. Asimismo, asegura la sostenibilidad del proyecto al considerar materiales y métodos constructivos eficientes. En síntesis, el diseño del pavimento es clave para la viabilidad técnica, económica y ambiental de la infraestructura vial.

8.19. Método AASHTO 93

El diseño del pavimento es fundamental para garantizar la seguridad, durabilidad y funcionalidad de las vías, ya que debe soportar las cargas dinámicas generadas por el tráfico y las condiciones climáticas a las que estará expuesto. Un diseño adecuado permite optimizar los recursos económicos al evitar fallas prematuras, reduciendo los costos de mantenimiento y reparación. Además, contribuye al confort de los usuarios al proporcionar una superficie uniforme y resistente, mejorando la experiencia de conducción. Asimismo, asegura la sostenibilidad del proyecto al considerar materiales y

métodos constructivos eficientes. En síntesis, el diseño del pavimento es clave para la viabilidad técnica, económica y ambiental de la infraestructura vial.

El diseño del pavimento es fundamental para garantizar la seguridad, durabilidad y funcionalidad de las vías, ya que debe soportar las cargas dinámicas generadas por el tráfico y las condiciones climáticas a las que estará expuesto. Un diseño adecuado permite optimizar los recursos económicos al evitar fallas prematuras, reduciendo los costos de mantenimiento y reparación. Además, contribuye al confort de los usuarios al proporcionar una superficie uniforme y resistente, mejorando la experiencia de conducción. Asimismo, asegura la sostenibilidad del proyecto al considerar materiales y métodos constructivos eficientes. En síntesis, el diseño del pavimento es clave para la viabilidad técnica, económica y ambiental de la infraestructura vial.

$$\log_{10} W_{t18} = Z_r * S_o + 9,36 * \log_{10} (SN + 1) - 0,20 \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1049}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 * \log_{10} Mr - 8,07$$

Donde:

W_{18} : Número total de aplicaciones de carga equivalente de un eje simple de 18,000 libras (80 kN) durante la vida útil del pavimento.

Z_R : Valor z que corresponde al nivel de confiabilidad especificado (normalmente entre 1.28 y 2.33 para confiabilidades del 80% al 99%).

S_o : Desviación estándar combinada, que varía entre 0.35 y 0.50 dependiendo del tipo de proyecto y la variabilidad esperada.

SN : Número estructural del pavimento, que depende de los espesores y los coeficientes de capacidad estructural de las capas.

Δ PSI: Pérdida permisible en el índice de servicio, calculada como $PSI_{inicial} - PSI_{final}$.

MR: Módulo de resiliencia del suelo subrasante (en psi), que mide la capacidad de recuperación elástica del suelo bajo cargas repetidas.

Se toma el número de ejes calculados equivalentes a 8.2 toneladas, esto para estimar la carga que el pavimento debe soportar a lo largo del periodo.

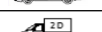
Tabla 12: datos de diseño

Tipo de Carretera	Periodo en años
Urbana de alto volumen	30-50
Interurbana de alto volumen	20-50
DE BAJO VOLUMEN	
Pavimentada con asfalto	15-25
Con rodamiento sin tratamiento	10-20

Se escoge en un periodo de 20 años esto para garantizar que la via cumpla con los estándares a largo plazo.

8.20. ESAL`S

Tabla 13: Determinación de factor de camión

Determinación de factor de camión (TF)													
Proyecto:													
Tipo de Vehiculos	Eje	Tipo de eje	Carga por eje			Fvp/Fc	FCE	Cantidad TPDA	N°Ejes	Fd	Fc	Fp	N°de EE
			Ton	Kn	Kip								
	1	Simple					0,002	81,54	81,54	1	0,6	1	0,098
	1	Simple	0,60	5,89	1,32	0,0001							
	2	Simple	2,40	23,54	5,29	0,0175	0,018	31,24	31,24	1	0,6	1	0,33
	1	Simple	0,40	3,92	0,88	0,0000							
	2	Simple	1,60	15,70	3,53	0,0035	0,003	240,08	240,08	1	0,6	1	0,50
	1	Simple	0,40	3,92	0,88	0,0000							
	2	Simple	3,00	29,43	6,62	0,0427	0,178	1,25	1,25	1	0,6	1	0,13
	1	Simple	4,00	39,24	8,82	0,1349							
	2	Simple	3,00	29,43	6,62	0,0427	0,574	6,56	6,56	1	0,6	1	2,26
	1	Simple	7,00	68,67	15,44	0,5311							
	2	Tandem	20,00	196,20	44,10	3,1605	4,426	2,81	2,81	1	0,6	1	7,47
	1	Simple	7,00	68,67	15,44	1,2654							
Total									648,23				10,78
												FCA	29,78
												1 año	365
												W18=Esais	117213,34

Según la guía del AASHTO-93 para el cálculo de ESAL`S en pavimento flexible:

8.21. Tipo de trafico

Se establece el tipo de tráfico pesado que tiene la zona para poder obtener los valores y poder calcular por el método AASHTO.

Tabla 14: Definición de tipo de tráfico

Tipo de tráfico Pesado expresado en EE	Rango de tráfico pesado Expresado en EE
TP1	>150.000 EE
	<300.000 EE
TP2	>300.000 EE
	<500.00 EE
TP3	>500.00 EE
	<750.000 EE
TP4	>750.00 EE
	<1`000.000 EE

Para nuestro valor de tráfico seria Trafico Tipo 1

8.22. Módulo de Resiliencia (Mr)

El módulo de resiliencia se establece para saber el nivel de rigidez que tiene el suelo de subrasante, mediante el CBR se recomienda usar la siguiente formula dada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):

$$Mr(Psi) = 2555 * CBR^{0.64}$$

$$Mr(Psi) = 2555 * 11^{0.64}$$

$$Mr(Psi) = 11854,47$$

Dándonos un módulo de residencia de 11854.47.

8.23. Confiabilidad (R)

Es parámetro esencial que representa el grado de seguridad con el que el pavimento será capaz de cumplir su desempeño esperado bajo las condiciones de diseño especificadas. Se relaciona directamente con ZR en la ecuación general del método.

Tabla 15: tabla de confiabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP ₀	100,000	65%
	TP ₁	150,001 – 300,000	70%
	TP ₂	300,001 – 500,000	75%
	TP ₃	500,001 – 750,000	80%
	TP ₄	750,001 – 1,000,000	80%
	TP ₅	1,000,001 – 1,500,000	85%
	TP ₆	1,500,001 – 3,000,000	85%
	TP ₇	3,000,001 – 5,000,000	90%
	TP ₈	5,000,001 – 7,500,000	90%
Resto de Caminos	TP ₉	7,500,001 – 10,000,000	90%
	TP ₁₀	10,000,001 – 12,500,000	90%
	TP ₁₁	12,500,001 – 15,000,000	90%
	TP ₁₂	15,000,001 – 20,000,000	95%
	TP ₁₃	20,000,001 – 25,000,000	95%
	TP ₁₄	25,000,001 – 30,000,000	95%
	TP ₁₅	>30,000,000	95%

Escogemos una confiabilidad de 70% ya que el tipo de tráfico es I.

8.24. Desviación estándar (Zr)

Es el valor z correspondiente al nivel de confiabilidad seleccionado. El nivel de confiabilidad refleja el grado de certeza de que el pavimento cumplirá con su desempeño esperado. Su valor varía según la importancia de la vía y se obtiene de tablas estadísticas.

Se escoge el valor de la siguiente tabla en base a nuestro tipo de tráfico:

Tabla 16: Desviación estándar(Zr)

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP ₀	100,000 – 150,000	-0.385
	TP ₁	150,001 – 300,000	-0.524
	TP ₂	300,001 – 500,000	-0.674
	TP ₃	500,001 – 750,000	-0.842
	TP ₄	750,001 – 1,000,000	-0.842
	TP ₅	1,000,001 – 1,500,000	-1.036
	TP ₆	1,500,001 – 3,000,000	-1.036
	TP ₇	3,000,001 – 5,000,000	-1.036
	TP ₈	5,000,001 – 7,500,000	-1.282
	TP ₉	7,500,001 – 10,000,000	-1.282
Resto de Caminos	TP ₁₀	10,000,001 – 12,500,000	-1.282
	TP ₁₁	12,500,001 – 15,000,000	-1.282
	TP ₁₂	15,000,001 – 20,000,000	-1.645
	TP ₁₃	20,000,001 – 25,000,000	-1.645
	TP ₁₄	25,000,001 – 30,000,000	-1.645
	TP ₁₅	>30,000,000	-1.645

Nos da un Zr de -0.524 ya que nuestro tipo de tráfico es I.

8.25. Desviación estándar (SO)

La desviación estándar (So) es un parámetro estadístico que mide la variabilidad o dispersión de los datos en un diseño vial. En el contexto de la metodología AASHTO, So se utiliza para representar la incertidumbre asociada con el cálculo de la vida útil de un pavimento, considerando las variaciones en las condiciones de tránsito, materiales y el entorno. Un valor bajo de So indica menor variabilidad, mientras que un valor alto refleja mayor incertidumbre.

La guía AASHTO establece que para vías diseñadas a pavimento flexible se use un So de entre 0.40 a 0.5. Para este diseño se adoptara el valor de 0.45.

8.26. Índice de servicialidad (PSI)

El Índice de Servicialidad Presente (PSI) es un parámetro que mide la calidad funcional de un pavimento desde la perspectiva del usuario, evaluando su comodidad y seguridad. Es utilizada en el diseño vial para representar el nivel de servicio que ofrece el pavimento en diferentes etapas de su vida útil, desde su condición inicial (PSI inicial) hasta el límite aceptable antes de requerir rehabilitación (PSI final).

8.26.1. Servicialidad inicial (P_i)

Se escoge el valor en base al tipo de tráfico.

Tabla 17: Servicialidad

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados	Índice de Servicialidad Inicial (P_i)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001 - 300,000	3.80
	TP2	300,001 - 500,000	3.80
	TP3	500,001 - 750,000	3.80
	TP4	750,001 - 1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	4.00
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	4.00
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	4.00
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	4.20
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	4.20
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	4.20
	TP15	>30,000,000	4.20

Se usa un P_i de 3.80 por nuestro tipo de tráfico.

8.26.2. Servicialidad final o terminal.

Se coloca el valor de acuerdo a el tipo de tráfico.

Tabla 18:Servicialidad terminal

Tipo de Caminos	Tráfico	Ejes equivalentes acumulados	Índice de Servicialidad Final (PF)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001 - 300,000	2.00
	TP2	300,001 - 500,000	2.00
	TP3	500,001 - 750,000	2.00
	TP4	750,001 - 1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	2.50
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	2.50
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	2.50
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	3.00
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	3.00
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	3.00
	TP15	>30,000,000	3.00

Dada el tipo de trafico I se escoge un valor de 2.00 para el PF.

8.26.3. Variación de servicialidad.

Se establece que para tráfico de bajo flujo menores a 1`000.000 se use un valor de 1.80 para la variación de servicialidad.

8.27. Numero estructural requerido (SNR)

Este valor representa el espesor total del pavimento que se debe de colocar el cual debe ser transformado a espesores efectivos para cada una de las capas la conversión se tiene aplicando la siguiente ecuación.

$$SN= a_1*d_1+a_2*m_2*d_2+a_3*m_3*d_3$$

En donde

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d_1, d_2, d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

8.27.1 Factor estructural

Se Escogen los valores a_1, a_2, a_3 , es decir capa superficial. Base y subbase mediante la siguiente tabla.

Tabla 19: Factor estructural

Componente del Pavimento	Coeficiente	Valor Coeficiente Estructural a_i (cm)	Observación
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68 oF)	a_1	0,17	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión	a_1	0,125	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25mm	a_1	0,13	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa	a_1	0,25	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm	a_1	0,15	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq 500,000$ EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Base			

Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0,052	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 5'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0,054	Capa de Base recomendada para Tráfico $>$ 5'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0,115	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm²)	a_{2b}	0,07	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm²)	a_{2c}	0,08	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Subbase			
Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0,047	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq$ 15'000,000 EE
Sub Base Granular CBR 60%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0,05	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $>$ 15'000,000 EE

Se escoge los siguientes valores.

Tabla 20: Coeficientes estructurales de las capas

Coeficientes estructurales de las capas		
Capa superficial	Base	Subbase
a1	a2	a3
Carpeta asfáltica en caliente modulo 2,965MPa(430,000 PSI) a 20c°	Base granular Tratada con Cemento(Resistencia a la compresion a 7 días= 35kg/cm2)	Sub base Granular CBR 40%compactada al 100%de las MDS
Capa superficial recomendada para todos los tipos de trafico	Capa de base recomendada para todos los tipos de trafico	Capa de subbase recomendada para Trafico <15'000,000 EE
0,17	0,115	0,047

8.27.2. coeficiente de drenaje

Primero hay que determinar su calidad de drenaje

Tabla 21: Coeficiente de drenaje

Calidad de drenaje	Tiempo en que tarde el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy Malo	El agua no evacua

Al ser un sector montañoso el agua es evacuada y drenada correctamente en ciertas partes de la vía por ello se escoge como calidad de drenaje bueno.

Se dan valores a M2 y M3 por medio de la siguiente tabla.

Tabla 22: Calidad de drenaje

Calidad del Drenaje	P=% del tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	P < 1%	1% - 5%	5% - 25%	Mayor que 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 - 0.95	0.80 - 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Se escoge un coeficiente de 1.

8.27.3. Calculo del SNR requerido

Para el calculo del SNR requerido se formuló un Excel en donde el valor es encontrado de manera iterativa siendo comparado con el valor del Log(W18) calculado.

Tabla 23: diseño de pavimento flexible

Diseño de pavimento flexible		
Carga de trafico vehicular impuestos al pavimento	Esals(w18)	117213,34
Suelo de subrasante	CBR	11
Modulo de resilencia de la subrasante	Mr(psi)	11854,47
Tipode trafico	Tipo	1
Numero de etapas	Etapas	1
Nivel de confiabilidad	R	65
Coefficiente estadistico de desviacion estandar normal	ZR	-0,385
Desviacion estandar combinado	So	0,45
Indice de servicialidad inicial según rango de trafico	Pi	3,8
Indice de servicialidad Final según rango de trafico	Pt	2
Diferencia de servicialidad Final según rango de trafico	Δ PSI	1,8
	SNR	1,740
Log(w18)	5,0690	Solisitado
Log(w18)	5,0773	Resultado

Dándonos un SNR requerido de 1.740.

Se procede a escoger el grosor de las capas

Tabla 24: Determinación de espesores de capa

Espesor de capas		
D1(Pul)	D2(Pul)	D3(Pul)
3,5	8	6
Capa superficial	Base	SubBase

Se procede a calcular el SN el cual es el siguiente

$$SN = 0.17 * 3,5 + 0.115 * 1 * 8 + 0.047 * 1 * 6$$

$$SN = 1.797$$

Se cumple la condición de:

$$SN > SNR$$

9. Análisis de resultados

El proyecto fue realizado en base a las normas establecidas para un correcto diseño vial, esto con el fin de que pueda cumplir con las necesidades de la misma, incluso su diseño siendo proyectado años a futuro para que pueda satisfacer a largo plazo las necesidades del sector.

9.1. Resultados topográficos.

La topografía concluyo que es un terreno inclinado, nos ayudo a determinar su geometría y poder estimar un diseño vial y una mejor precepción de su forma y sus características geométricas.

9.2. Estudio de TPDA

Se determino según lo calculado que la via estaría conformada por dos carriles en diferentes sentidos tanto por la cantidad del conteo como su geometría, se estimó que pasarían 303 vehículos diarios a lo largo de todo el año, también se estableció que la vía esta establecida como una de grado III.

9.3. Estudio de suelo

Se concluyo que el tipo de suelo es de arena bien graduada con arcilla (SW), debido a esto se concluyo que el suelo no es plástico.

Nos dio un porcentaje de CBR del 11% lo cual es un grado de compactación baja, esto indicaría que hay que agregar una capa de mejoramiento y una buena compactación.

9.4. Diseño geométrico

Debido a que la vía es el acceso principal al recinto se encuentra rodeada de viviendas, lo cual impide realizar un diseño geométrico y se realiza un diseño geométrico en base a lo delimitado por los manzaneros.

9.5. Diseño de pavimento

Se estableció un grosor de 3.5 pulgadas para la capa de rodadura, esto con el fin de que resista las cargas aplicadas por el flujo vehicular y su constante desgaste.

Para la capa que soportaría la capa de rodadura se estableció un grosor de 8 pulgadas, esta capa distribuirá de manera uniforme las cargas y una capa de 6 pulgadas de sub-base para que tenga un buen drenaje y le de estabilidad a las capas superiores.

10. Conclusiones

La ejecución del diseño vial para el tramo principal del recinto San Isidro cumple con los estándares técnicos establecidos, garantizando una mejora significativa en la conectividad y las condiciones de tránsito en la zona. Este diseño no solo atiende las necesidades actuales, sino que también proyecta su funcionalidad a largo plazo, anticipándose al crecimiento poblacional y a la intensificación del tráfico vehicular en el área. El proyecto reafirma la importancia de realizar un diseño vial que equilibre la optimización de recursos y la sostenibilidad.

Los resultados obtenidos del levantamiento topográfico permitieron definir con precisión la geometría del terreno, fundamental para el diseño geométrico adecuado de la vía. Este análisis, junto con el estudio del tránsito promedio diario anual (TPDA), estableció la necesidad de una vía con dos carriles, asegurando la fluidez vehicular y la seguridad en el desplazamiento de los usuarios. Además, la clasificación de la vía como de grado III refuerza su importancia estratégica dentro del desarrollo del recinto.

El análisis del suelo evidenció que el terreno requiere un tratamiento previo para mejorar su capacidad de soporte. La implementación de capas estructurales con espesores adecuados, como la capa de rodadura de 3.5 pulgadas, garantiza la resistencia a las cargas vehiculares y prolonga la vida útil de la vía. Asimismo, las capas subyacentes de base y sub-base fueron diseñadas para proporcionar estabilidad y drenaje eficiente, condiciones esenciales para un desempeño óptimo.

Finalmente, el diseño geométrico adaptado a las limitaciones físicas del área asegura que la vía se integre armónicamente con el entorno, minimizando el impacto en las viviendas y estructuras existentes. Este enfoque demuestra que el proyecto no solo prioriza la funcionalidad vial, sino también el respeto por las condiciones urbanas del recinto. La vía diseñada representa un paso crucial hacia el desarrollo sostenible y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del sector.

11. Recomendaciones

Implementar un programa de mantenimiento regular para las diferentes capas del pavimento, en particular para la capa de rodadura. Esto asegurará que la vía se mantenga en condiciones óptimas a lo largo del tiempo, evitando el desgaste prematuro y garantizando la seguridad y el confort de los usuarios. Se recomienda un seguimiento continuo del estado de la vía, con intervenciones preventivas que prolonguen su vida útil.

También dado que el diseño de la vía se basa en un estudio de conteo vehicular, es recomendable llevar a cabo un monitoreo periódico del flujo de tránsito en la zona. Esto permitirá identificar posibles cambios en el volumen de vehículos y, en caso de un aumento significativo en el tráfico, evaluar la necesidad de ampliar o modificar la capacidad de la vía para asegurar su funcionalidad a largo plazo y evitar congestiones.

Además, aunque el diseño se ha realizado respetando las condiciones locales, es aconsejable llevar a cabo un estudio de impacto ambiental adicional para evaluar posibles efectos negativos sobre el ecosistema circundante y las viviendas cercanas. Este análisis permitirá tomar las medidas correctivas necesarias para mitigar cualquier impacto ambiental negativo, asegurando que el proyecto se implemente de manera sostenible.

Por último se recomienda considerar la mejora de las vías secundarias que conectan con el tramo proyectado. Esta acción contribuirá a una mayor conectividad dentro del recinto, mejorando el flujo vehicular y reduciendo los posibles embotellamientos en áreas cercanas, lo que resultará en una infraestructura vial más eficiente.

12. Bibliografía

Gustavo Martínez. (2024, 7 marzo). Tipos de pavimento. Conoce sus características y clasificación. Ingeniería y Construcción Colombia.

<https://www.ingenieriayconstruccioncolombia.com/tipos-de-pavimento/>

¿Qué es un pavimento? (2020, April 29). Construyored. <https://construyored.com/noticias/2299-que-es-un-pavimento>

Canaza, A. (n.d.). *TIPOS DE TERRENO.docx*. Scribd.

<https://es.scribd.com/document/452256923/TIPOS-DE-TERRENO-docx>

Ztone, Z. (n.d.). *Ensayo de Pavimentos*. Scribd.

<https://es.scribd.com/presentation/257055484/Ensayo-de-Pavimentos>

Marketing. (2021, November 9). ¿Qué es una calicata? Tipos y usos. Ingenieros Asesores.

<https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-es-una-calicata-tipos-y-usos-en-construccion/>

Marketing. (2021, November 9). *¿Qué es una calicata? Tipos y usos*. Ingenieros Asesores.

<https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-es-una-calicata-tipos-y-usos-en-construccion/>

De Repositorios Universitarios Universidad Nacional Autónoma De México, D. G. (2019,

May 22). *Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México*.

https://repositorio.unam.mx/contenidos?c=7JbD04&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_1&as=0

María de los Angeles Duarte (Director). (2012, octubre). *MANUAL DE CONSTRUCCIÓN*

DE PAVIMENTOS RÍGIDOS. Ministerio de Transporte y Obras Publicas. Recuperado

14 de octubre de 2024, de [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_tomo_2__normas.pdf)

[content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_tomo_2__normas.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_tomo_2__normas.pdf)

Arq. Maria de los Ángeles Duarte Pesantez (Director). (2013). *María de los Angeles Duarte*

(Director). (2012, octubre). MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

RÍGIDOS. Ministerio de Transporte y Obras Publicas. Recuperado 14 de octubre de

2024, de [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_tomo_2__normas.pdf)

[content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_tomo_2__normas.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_tomo_2__normas.pdf). Ministerio

de Transporte y Obras Publicas del Ecuador. Recuperado 14 de octubre de 2024, de

[https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)

[2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)

Studocu. (n.d.). *Capitulo 6 Estudio DE transito PARA Diseño - CAPITULO 6: ESTUDIO DE*

PARA DE PAVIMENTOS 6 Este - Studocu.

[https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-chiclayo/tecnologia-del-](https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-chiclayo/tecnologia-del-concreto/capitulo-6-estudio-de-transito-para-diseno/8239620)

[concreto/capitulo-6-estudio-de-transito-para-diseno/8239620](https://www.studocu.com/pe/document/universidad-de-chiclayo/tecnologia-del-concreto/capitulo-6-estudio-de-transito-para-diseno/8239620)

Gabriel, J. C. W., & David, P. G. J. (2018, February 6). *Análisis técnico comparativo entre los métodos topográficos tradicionales y el método de aerofotogrametría con vehículo aéreo no tripulado*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19161>

Studocu. (n.d.). *IC I-Pavimentos INGENIERIA CIVIL - Tema: Pavimentos / Cátedra Ingeniería Civil I / Departamento de - Studocu*. <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-superior-de-la-montana/pavimentos-ii/ic-i-pavimentos-ingenieria-civil/15437973>

Blackman, H. L. (2022). *Acading*. Obtenido de https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2023/02/DISENO_ESTRUCTURAL_DE_PAVIMENTOS_HLB.pdf

TRANSPORTE, S. D. (2008). *IMT MEXICO*. Obtenido de <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf>

13. ANEXOS FOTOGRAFICOS

Ilustración 43: Primera visita al sitio

Fuente: Autores propios



Ilustración 44: Primera visita en sitio.

Fuente: Autores propios



Ilustración 45: Levantamiento topografico

Fuente: Autores propios



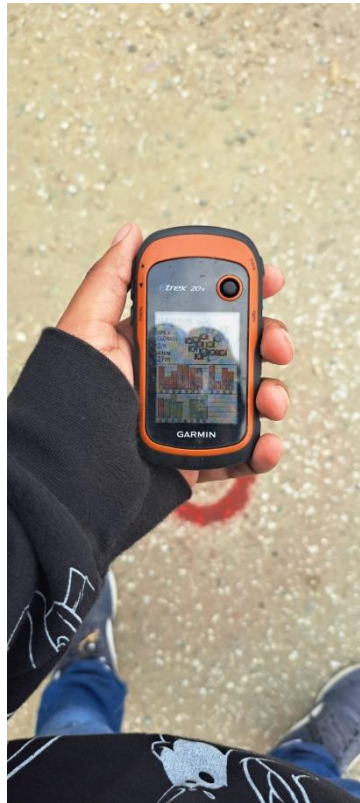
Ilustración 46: Toma de puntos GPS

Fuente: Autores propios



Ilustración 47: toma de datos

Fuente: Autores propios

***Ilustración 48: Recolección de muestras***

Fuente: Autores propios



Ilustración 49: Elaboración de calicatas

Fuente: Autores propios



Ilustración 50: Recolección de muestras

Fuente: Autores propios



Ilustración 51: Entrega de muestras al laboratorio de UPS

Fuente: Autores propios



Ilustración 52: Proceso de secado de estrato 1

Fuente: Autores propios



Ilustración 53: Pesaje de recipiente

Fuente: Autores propios



Ilustración 54: Proceso de estrato 1

Fuente: Autores propios



Ilustración 55: Proceso de estrato 1

Fuente: Autores propios



Ilustración 56: Pesaje de muestra

Fuente: Autores propios



Ilustración 57: Proceso de estrato2

Fuente: Autores propios

***Ilustración 58: Proceso de estrato 2***

Fuente: Autores propios



Ilustración 59: Pesaje de segundo estrato

Fuente: Autores propios

***Ilustración 60: Muestras en horno***

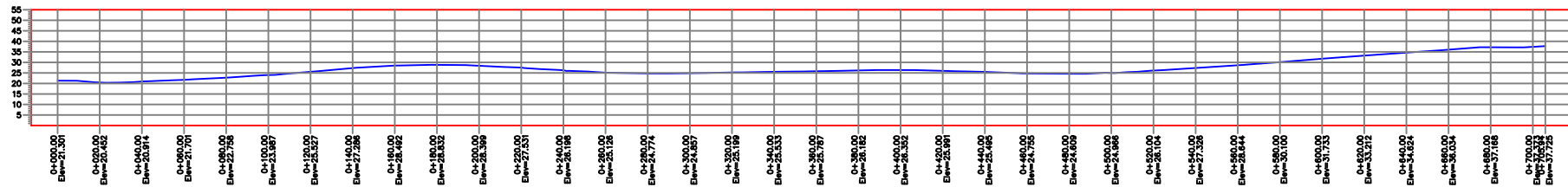
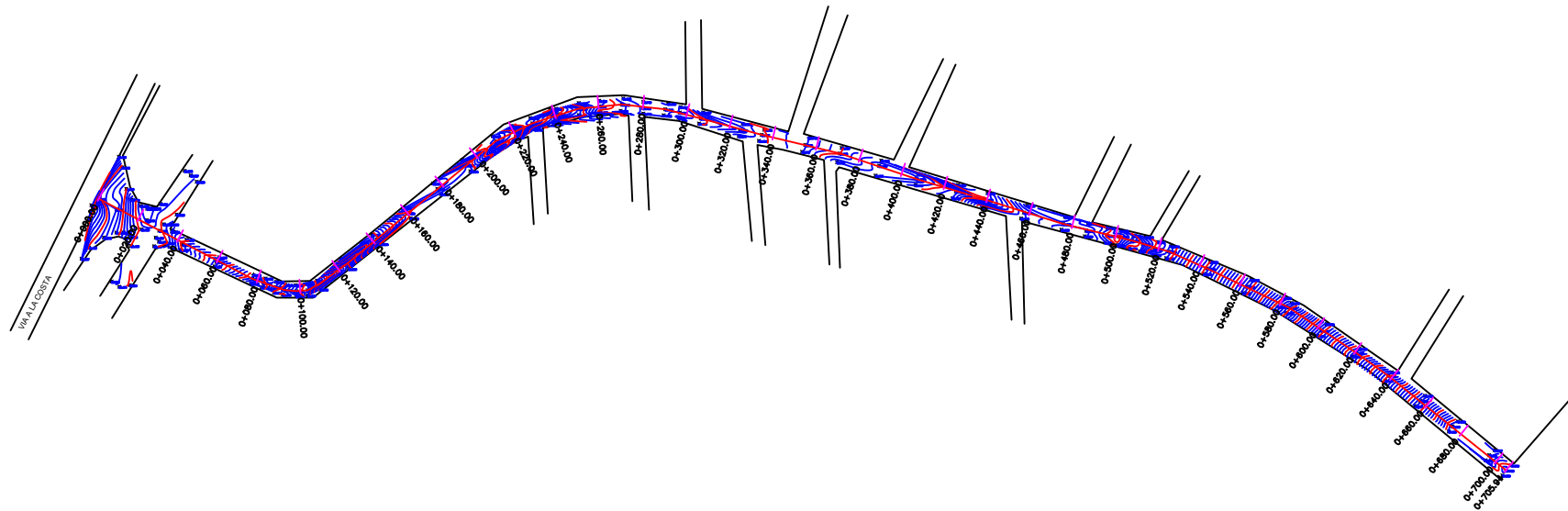
Fuente: Autores propios



Ilustración 61: Muestras en horno

Fuente: Autores propios





PERFIL LONGITUDINAL VIA SAN ISIDRO
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 1000

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE ING CIVIL	COORDENADAS	FECHA: ENERO /2025	SIMBOLOGÍA:  0+480.00 20.309
TÍTULO: DISEÑO VIAL DE LA AVENIDA PRINCIPAL EL RECINTO SAN ISIDRO, CANTÓN GUAYAQUIL.	ESTE: 580138.97 NORTE: 9740327.73	ELABORADO: • ACOSTA JOHN • PROAÑO MONICA	
DIRECCIÓN: RECINTO SAN ISIDRO UBICADO EN EL KM 51.8 VIA A LA COSTA	PROVINCIA: GUAYAS RECINTO: SAN ISIDRO	LAMINA A-0	

TOMA DE COORDENADA
ABSISADO
CURVAS DE NIVEL
MANZANEROS
COTA
ELEVACIÓN