



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE LA VÍA LATERAL DESDE LA CALLE SUCRE HASTA LA CALLE FÉLIX

SARMIENTO DEL CANTÓN DE SANTA ELENA

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Civil

AUTOR: Juliana Salomé Del Pezo Calderón

TUTOR: Ing. Fausto Cabrera Morán, MSC.

Guayaquil - Ecuador

2025

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

Yo, Juliana Salomé Del Pezo Calderón con documento de identificación N° 0958435539;
manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo 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, 25 de enero del 2025

Atentamente,



Juliana Salomé Del Pezo Calderón

0958435539

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

Yo, Juliana Salomé Del Pezo Calderón con documento de identificación N° 0958435539, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: “DISEÑO DE LA VÍA LATERAL DESDE LA CALLE SUCRE HASTA LA CALLE FÉLIX SARMIENTO DEL CANTÓN DE SANTA ELENA”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 25 de enero del 2025

Atentamente,



Juliana Salomé Del Pezo Calderón

0958435539

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Fausto Cabrera Morán, MSc; con documento de identificación N° 0919755272, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE LA VÍA LATERAL DESDE LA CALLE SUCRE HASTA LA CALLE FÉLIX SARMIENTO DEL CANTÓN DE SANTA ELENA, realizado por Juliana Salomé Del Pezo Calderón con documento de identificación N° 0958435539, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de enero del 2025

Atentamente,



Ing. Fausto Cabrera Morán, MSc.

0919755272

DEDICATORIA

Con profunda gratitud y cariño, dedico este trabajo a mis padres Jaime Del Pezo y Kerly Calderón, cuyo esfuerzo y amor incondicional me han permitido alcanzar este logro. A mis hermanos, por ser mi apoyo constante e inquebrantable en cada etapa de este camino.

A mi tía Gilda Calderón, por su amor, consejos y presencia que siempre fueron un refugio en los momentos difíciles. A mis familiares, incluso a los que ya no están físicamente conmigo, pero cuyo recuerdo y enseñanzas viven en mi corazón y me han inspirado a seguir adelante.

También lo dedico a quienes, de manera especial, me brindaron su confianza y motivación, incluso en silencio. A esa persona que fue una guía y un apoyo significativo, su presencia marcó la diferencia en mi formación.

A todos ustedes, mi agradecimiento eterno por ser parte de este logro.

Juliana Salomé Del Pezo Calderón

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, quien ha sido mi guía, fortaleza y luz en cada paso de este camino. Su presencia en mi vida me ha dado la fe y el valor para superar los desafíos y llegar hasta aquí.

A mis padres, por su amor incondicional, sacrificios y apoyo constante, quienes siempre han sido mi mayor motivación. A mis hermanos ya mi familia, por estar siempre a mi lado, brindándome su respaldo en los momentos más difíciles.

Extiendo mi gratitud a mi tutor de tesis el Ing. Fausto Cabrera, por su orientación, paciencia y valiosos conocimientos que a lo largo de la carrera han significado mucho para mí. Su paciencia, apoyo y consejos fueron fundamentales no solo en este trabajo, sino en cada etapa de mi formación. A los ingenieros, docentes que, a lo largo de mi formación, dejaron huellas en mi aprendizaje, no solo con su enseñanza, sino también con su confianza y apoyo en momentos clave.

A mis amigos Bryan Alcívar y José Benites, quienes han estado conmigo desde el inicio de esta carrera, ofreciéndome su ayuda, no hay palabras suficientes para agradecerles su compañía y su aliento, ustedes han sido mi apoyo en los momentos más difíciles.

Finalmente, a todas las personas que me tienen cariño y que de una u otra forma han contribuido a mi crecimiento personal y profesional, les agradezco por creer en mí y ser parte de este logro tan significativo.

Juliana Salomé Del Pezo Calderón

CONTENIDO

RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	17
1. ANTECEDENTES	17
2. INTRODUCCIÓN	18
GENERALIDADES	19
3. PROBLEMÁTICA	19
4. OBJETIVOS	22
4.1. Objetivo general.....	22
4.2. Objetivo específico.	22
5. Justificación	23
CAPÍTULO II	24
6. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.	24
6.1. Diseño Vial	24
6.1.1. Principios claves del diseño vial	24
6.1.2. Elementos del diseño vial	26
6.2. Importancia del Diseño de Infraestructura en Ingeniería Civil.....	31
6.3. Levantamiento topográfico	31
6.3.1. Importancia	31

6.3.2.	Tipos de levantamientos topográficos	32
6.3.3.	Etapas del levantamiento topográfico	33
6.4.	Normativas y Estándares de Diseño Vial.....	35
6.5.	Pavimentos.....	36
6.5.1.	Tipos de pavimentos	37
6.5.2.	Pasos para diseñar un pavimento rígido.....	42
6.6.	La Importancia del Control de Tránsito.....	43
6.6.1.	Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y su relevancia en el diseño vial.	44
6.6.2.	Volumen de tránsito.....	46
CAPÍTULO III.....		49
7.	METODOLOGÍA.....	49
7.1.	ESTUDIO DE CAMPO.....	49
7.2.	Levantamiento topográfico	49
7.3.	Evaluación del estado de la vía.....	50
7.4.	Análisis del tráfico vehicular	50
7.4.1.	Control del tráfico.....	51
7.4.2.	Cálculo del tráfico promedio diario semanal (TPDS).....	51
7.4.3.	Factor de ajuste mensual (Fm).....	53
7.4.4.	Factor de ajuste diario (Fd):.....	54

7.4.5.	Trafico Promedio Diario Anual (TPDA)	55
7.4.6.	Tráfico Diario.....	55
7.4.7.	Trafico proyectado	57
7.5.	ANÁLISIS DE SUELOS	59
7.5.1.	Ensayos de laboratorios.	59
7.6.	DISEÑO DE PAVIMENTO	66
7.6.1.	Calculo y modelado	66
7.6.2.	Velocidad de diseño	67
7.6.3.	Método AASHTO 93	69
7.6.4.	Cálculo de factor ESALS'S	70
7.6.5.	Repeticiones de carga W18.....	72
7.6.6.	Confiabilidad R.....	76
7.6.7.	Desviación Normal Estándar Zr.....	76
7.6.8.	Desviación Estándar Combinada del Sistema "So"	77
7.6.9.	Índice de servicialidad "ΔPSI"	78
7.6.10.	Módulo Resiliente "Mr"	80
7.6.11.	Determinación de coeficientes estructurales.....	80
7.6.12.	Factores de drenaje "Cd"	83
7.6.13.	Cálculo de número estructural requerido	84
7.6.13.1.	Espesores para diseño	85

7.6.14. Uso de Software.....	86
CAPITULO IV.....	88
8. Análisis de Resultados.....	88
8.1. Levantamiento topográfico.....	88
8.2. Registro de flujo vehicular.....	88
8.3. Ensayo de suelos.....	88
8.4. Diseño Vial.....	89
9. CONCLUSIONES.....	91
10. RECOMENDACIONES.....	92
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
12. Anexos fotográficos.....	96

Tabla 1 <i>Niveles de servicio para carreteras 2 carriles</i>	29
Tabla 2 <i>Diferencia entre Pavimento Rígido y Pavimento Flexible</i>	42
Tabla 3 <i>Clasificación funcional de las vías en base al TPDA</i>	45
Tabla 4: <i>Conteo de vehículos semanal</i>	52
Tabla 5 <i>Factor de estacionalidad mensual</i>	53
Tabla 6 <i>Ajuste diario de vehículos</i>	54
Tabla 7 <i>Composición del Tráfico-T.P.D.S.</i>	56
Tabla 8 <i>Composición del Tráfico T. Asignado</i>	57
Tabla 9 <i>Tasas de Crecimiento según el Tipo de Vehículo</i>	58
Tabla 10 <i>Cálculo de Tráfico Actual</i>	58
Tabla 11: <i>Proyección de tráfico a 20 años</i>	59
Tabla 12 <i>Contenido de humedad muestra#1- Calicata n°1</i>	61
Tabla 13 <i>Contenido de humedad muestra#2-Calicata n°2</i>	61
Tabla 14 <i>Granulometría por tamizado</i>	63
Tabla 15 <i>Valores de Diseño de la Vía a Diseñar</i>	68
Tabla 16 <i>Periodo de análisis de diseño según el tipo de carretera</i>	70
Tabla 17 <i>Carga por eje según tipo de vehículo</i>	71
Tabla 18 <i>Cálculo de FCE Según tipo de vehículo</i>	72
Tabla 19 <i>Factor de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño</i>	73
Tabla 20 <i>Factor de ajuste por presión de neumático</i>	74
Tabla 21 <i>Calculo de N° ESALs</i>	75

Tabla 22 <i>Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico</i>	76
Tabla 23 <i>Coficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico</i>	77
Tabla 24 <i>Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico</i>	78
Tabla 25 <i>Índice de Serviciabilidad terminal (Pt) Según Rango de Tráfico</i>	79
Tabla 26 <i>Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento ai- Capa superficial</i>	81
Tabla 27 <i>Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento ai- Base</i>	82
Tabla 28 <i>Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento ai- Sub-Base</i>	82
Tabla 29 <i>Calidad del Drenaje</i>	83
Tabla 30 <i>Valores recomendados del coeficiente de Drenaje mi Para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles</i>	84
Tabla 31 <i>Cálculo de número estructural requerido</i>	85
Tabla 32 <i>Cálculo de espesores</i>	86
Tabla 33 <i>Recopilación de Datos</i>	89
Tabla 34 <i>Contenido de humedad Calicata#1</i>	96
Tabla 35 <i>Calculo Granulométrico calicata#1</i>	96
Tabla 36 <i>Contenido de humedad calicata#2</i>	97
Tabla 37 <i>Cálculo granulométrico Calicata#2</i>	97
Tabla 38 <i>Resultados del ensayo- calicata #1</i>	99
Tabla 39 <i>Resultados del ensayo- calicata #2</i>	100

Tabla 40 <i>Resultados del ensayo CBR- calicata #1</i>	101
Tabla 41 <i>Resultados de densidad seca y humedad optima calicata #1</i>	105
Tabla 42 <i>Resultados del ensayo CBR- calicata #2</i>	106
Tabla 43 <i>Resultados de densidad seca y humedad optima calicata #2</i>	109
Ilustración 1 <i>Ubicación geográfica de la provincia de Sta. Elena en Ecuador</i>	20
Ilustración 2 <i>Ubicación del cantón Santa Elena</i>	21
Ilustración 3 <i>Capas del Pavimento</i>	39
Ilustración 4 <i>Corte transversal</i>	40
Ilustración 5 <i>Componentes del sistema</i>	41
Ilustración 6 <i>Clasificación general de los vehículos (MTOPI)</i>	46
Ilustración 7 <i>Lugar de conteo vehicular</i>	51
Ilustración 8 <i>Tabla de Valores de Diseño Recomendados para Carreteras de Dos Carriles y Caminos Vecinales de Construcción</i>	67
Ilustración 9 <i>Espesores de diseño</i>	87
Ilustración 10: <i>Limites líquido y plástico calicata #1</i>	98
Ilustración 11 <i>Limite líquido y plástico calicata#2</i>	98
Ilustración 12 <i>Gráfica curva compactación- Calicata#1</i>	100
Ilustración 13 <i>Grafica curva compactación- calicata #2</i>	101
Ilustración 14 <i>Medición de profundidad de calicata</i>	110
Ilustración 15 <i>Pesaje de calicata 1</i>	111
Ilustración 16 <i>Pesaje de calicata 2</i>	111
Ilustración 17 <i>Esparciendo muestra</i>	112
Ilustración 18 <i>Dividiendo la muestra</i>	112

Ilustración 19 Muestra.....	113
Ilustración 20 Muestras en el horno	113
Ilustración 21 Tamices a utilizar	114
Ilustración 22 Preparación de la muestra para el pesaje.....	114
Ilustración 23 Preparación de la segunda muestra para pesaje	115
Ilustración 24 Uso martillo para compactación.....	115
Ilustración 25 Medición de hinchamiento	116
Ilustración 26 Ensayo con maquina CBR.....	116
Ilustración 27 Marcación de puntos	117
Ilustración 28 Calibración de la estación	117
Ilustración 29 Levantamiento topográfico	118
Ilustración 30: Informe de volumen de diseño.....	119
Figura 1 <i>Vía Alternativa entre Calle Sucre y Félix Sarmiento</i>	22

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo el diseño de la vía lateral que conecta la calle Sucre con la calle Félix Sarmiento, ubicada en el cantón Santa Elena. Este proyecto busca proporcionar una solución vial segura y eficiente que atienda las necesidades de movilidad del sector, especialmente en las inmediaciones de un centro educativo que genera un alto flujo vehicular y peatonal. La metodología aplicada incluyó un levantamiento topográfico detallado, análisis de tráfico vehicular y estudios de suelos, garantizando un diseño adaptado a las condiciones locales y alineado con las normativas vigentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOB).

Los resultados obtenidos permitieron determinar los espesores adecuados de pavimento, así como las características estructurales necesarias para soportar las cargas vehiculares proyectadas a 20 años. Además, el registro del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) proporcionó datos clave para anticipar el crecimiento del tránsito en la zona y asegurar la durabilidad de la vía. El diseño propuesto incluye la implementación de un pavimento rígido que optimiza la capacidad de carga, reduce los tiempos de desplazamiento y mejora la seguridad vial, beneficiando tanto a conductores como a peatones.

Este proyecto no solo contribuye a mejorar la infraestructura vial del cantón Santa Elena, sino que también fomenta la conectividad y la seguridad en un área clave para la comunidad. Su implementación tendrá un impacto positivo en la calidad de vida de los residentes, priorizando la sostenibilidad y la funcionalidad a largo plazo.

Palabras clave: diseño vial, pavimento rígido, levantamiento topográfico, Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to design the side road that connects Sucre Street with Félix Sarmiento Street, located in the Santa Elena canton. This project seeks to provide a safe and efficient road solution that meets the mobility needs of the sector, especially in the vicinity of an educational center that generates high vehicular and pedestrian flow. The methodology applied included a detailed topographic survey, vehicular traffic analysis and soil studies, guaranteeing a design adapted to local conditions and aligned with the current regulations of the Ministry of Transportation and Public Works (MTOPE).

The results obtained allowed determining the appropriate pavement thicknesses, as well as the structural characteristics necessary to support the projected vehicular loads for 20 years. In addition, the Annual Daily Average Traffic record provided key data to anticipate traffic growth in the area and ensure the durability of the road. The proposed design includes the implementation of a rigid pavement that optimizes load capacity, reduces travel times and improves road safety, benefiting both drivers and pedestrians.

This project not only contributes to improving the road infrastructure of the Santa Elena canton, but also promotes connectivity and safety in a key area for the community. Its implementation will have a positive impact on the quality of life of residents, prioritizing long-term sustainability and functionality.

Keywords: road design, rigid pavement, topographic survey, Annual Daily Average Traffic (ADAT).

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

El cantón de Santa Elena, en los últimos años ha tenido un crecimiento significativo en su población y sus actividades socioculturales que busca enaltecer más allá del cantón a su provincia en general. Según el censo de población y vivienda hasta el 2022, la provincia cuenta con alrededor de 385.735 de habitante en el cual 186.687 son del cantón, siendo el cantón con más habitantes dentro de la provincia, con un crecimiento anual aproximadamente del 2,15%, la más alta de la región costera en Ecuador.

A pesar de realizar durante algunos años estudios estadísticos que muestran el incremento de personas que habitan dentro de la ciudad, no se ha elaborado las proyecciones pertinentes para satisfacer las necesidades y servicios básicos que conlleva tener una tasa de crecimiento poblacional, además de un aumento de viviendas según el área. Por ello, al no tener un plan preventivo, el servicio de infraestructura vial presenta deficiencias.

En investigaciones anteriores el Ministerios de Transporte y Obras Públicas (MTO) muestran que la mayoría de las carreteras de Santa Elena carece de asfalto o pavimento adecuado y algunas carreteras están construidas con tierra compactada. Estas condiciones suelen ir acompañadas de ausencia de señales viales, límites de velocidad la cual aumenta el peligro para peatones y conductores. Además, el tráfico en estas vías suele resultar complicado debido a la dificultad del terreno generando tiempos de desplazamiento más largos y dificultando el acceso en casos de emergencia.

Sin embargo, a pesar de las deficiencias en el presente se han tratado de corregir estas situaciones trabajando con modernas infraestructuras viales resaltando que las vías son fundamentales para el desarrollo y progreso de las comunidades.

2. INTRODUCCIÓN

El diseño de infraestructura vial es un componente fundamental para el desarrollo sostenible de las poblaciones, con el fin de contribuir hechos necesarios en cuanto a la movilización de las personas y estas puedan tener una mayor seguridad no solo en este aspecto si no, en la calidad de vida y la eficiencia que lleva a potenciar el acceso a servicios esenciales como la educación, la salud y el comercio.

Este proceso se sustenta en principios de ingeniería que consideran variables como el flujo vehicular, las características geométricas de la vía, y las normativas técnicas aplicables, con el objetivo de garantizar soluciones sostenibles y funcionales.

En la provincia de santa elena, el diseño de las calles requiere atención especializada que cumplan a las condiciones que son necesarias y útiles para el entorno. Las vías se encuentran en un estado que demanda la ejecución de una delineación estructural adecuada, enfocado a mejorar su funcionalidad y asegurar su capacidad para soportar las demandas de tráfico presentes y futuras.

El presente estudio aborda el diseño de esta vía bajo un enfoque técnico que incluye un análisis topográfico, un estudio del tráfico promedio diario anual (TPDA) y la aplicación de las normativas ecuatorianas vigentes (MTOPE). La investigación busca formar una propuesta integral que combine estabilidad, eficacia y seguridad, favoreciendo al desarrollo y conectividad del sector para asegurar que las vías sean duraderas, seguras y adaptadas a las necesidades cambiantes.

GENERALIDADES

3. PROBLEMÁTICA

El problema que aborda el estudio se centra en el deterioro de la vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento, en el cantón Santa Elena. Esta vía no cuenta con una infraestructura adecuada para soportar el creciente tráfico vehicular que se da en un tramo de la calle debido a que existe un centro educativo, donde la afluencia diaria de estudiantes, padres y docentes incrementa significativamente el flujo vehicular y peatonal. Debido a esta situación, es crucial tomar medidas que garanticen la seguridad vial y mejoren las condiciones de acceso.

El estado actual del pavimento presenta múltiples fallas, que dificultan la circulación y aumentan los tiempos de traslado y generan riesgos tanto para conductores como para peatones, especialmente niños y adolescentes que transitan por la zona. Si no se considera realizar un es previsible que sigan incrementando los riesgos de accidentes, en particular en las inmediaciones del centro educativo. A largo plazo, la falta de intervención podría limitar el acceso a zonas clave del cantón.

Debido a las condiciones actuales de la calle para prevenir incidentes, se propone la implementación de un tipo de pavimento, que sea resistente y adecuado para las situaciones locales, lo cual prolongaría la vida útil de la vía, reduciría los costos de mantenimiento y mejoraría la seguridad y conectividad en el sector.

Este estudio se centrará en la necesidad de rediseñar la vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento con algún tipo de pavimento, que garantice una solución duradera y segura, mitigando los problemas que actualmente afectan la movilidad y

priorizando la seguridad de los usuarios más vulnerables, como los estudiantes y transeúntes del sector.

3.1.Ubicación del proyecto

El lugar donde se establecerá el proyecto se encuentra en la ciudad de Santa Elena, perteneciente a la cabecera del cantón Santa Elena, esta tiene lugar en el mapa en el centro-sur de la región costera de Ecuador.

Ilustración 1

Ubicación geográfica de la provincia de Sta. Elena en Ecuador



Nota. Adapta de Google Earth Pro

Santa Elena está ubicada en la costa de Ecuador, en la Península de Santa Elena, rodeada por el Océano Pacífico. Tiene 1 parroquia urbana (Santa Elena) y 5 parroquias rurales: Atahualpa, Chanduy, Manglaralto, Colonche y Simón Bolívar. Su ubicación combina atractivos turísticos, sitios arqueológicos y paisajes áridos típicos de la costa. El país tiene un clima tropical seco y es conocido por sus actividades pesqueras, agrícolas y turísticas.

3.1.1. Imagen satelital

Ilustración 2

Ubicación del cantón Santa Elena



Fuente: Google Earth Pro

3.1.2. Estado actual de la vía

Figura 1

Vía Alternativa entre Calle Sucre y Félix Sarmiento



Nota. Fuente: El autor

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Diseñar la Vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento, ubicada en el cantón Santa Elena.

4.2. Objetivo específico.

- Realizar el levantamiento topográfico de la vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento.
- Registrar el flujo vehicular promedio anual (TPDA) desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento con intención de obtener datos para el diseño vial.
- Desarrollar el diseño vial aplicando las normas ecuatorianas vigentes (MTO).

5. Justificación

El diseño de la vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento es necesario debido a las condiciones actuales de deterioro que afectan la movilidad y seguridad de los usuarios. Esta necesidad es particularmente importante en el tramo cercano a un centro educativo, donde la alta afluencia de vehículos y peatones, especialmente estudiantes, incrementa los riesgos de accidentes y hace evidente la falta de infraestructura adecuada. El pavimento existente presenta fallas que aumentan el riesgo de accidentes y dificultan el tránsito fluido en la zona. La implementación de pavimento permitirá una solución más resistente a las cargas vehiculares y a las condiciones climáticas, lo que mejorará significativamente las condiciones de la vía, ofreciendo una vía que pueda soportar de manera eficiente el tráfico diario, particularmente en áreas de alto tránsito peatonal como el entorno del centro educativo.

El proyecto busca optimizar la movilidad y garantizar la seguridad de los residentes, turistas y, de manera prioritaria, de los estudiantes y transeúntes de la zona, ofreciendo una infraestructura vial de mayor calidad y durabilidad. Esto, a su vez, mejorará la conectividad en la zona y reducirá los riesgos asociados a la infraestructura vial deficiente.

CAPÍTULO II

6. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.

6.1. Diseño Vial

El diseño vial se refiere a la planificación, proyección y construcción de vías de comunicación, como carreteras, calles y avenidas. Su principal misión es garantizar la seguridad, eficiencia y bienestar del movimiento de personas y mercancías, adaptándose a las especificidades geográficas y requerimientos de cada situación. El tipo de pavimento es uno de los elementos más cruciales.

Este procedimiento abarca diferentes etapas, que van desde el análisis preliminar del terreno hasta la ejecución de la obra. En cada etapa se consideran diversos elementos como la topografía, la geología, el tráfico y las necesidades de la comunidad.

6.1.1. Principios claves del diseño vial

- Tenga en cuenta a todos los usuarios de la carretera y calcule el tráfico que generan, incluidos peatones, ciclistas, automóviles, autobuses y camiones.
- Establecer límites de velocidad adecuados según el tipo de vía y las necesidades de los usuarios.
- Crear una ruta vial segura para todos los usuarios de la vía.
- Planificar el diseño de carreteras de acuerdo con las rutas preferidas de las personas, priorizando la ruta más corta. (Instituto de capacitación profesional (ICP), 2024)

El diseño urbano debe balancear las necesidades de todos los usuarios dentro de un espacio limitado, priorizando aspectos como la seguridad, accesibilidad, sostenibilidad y

flexibilidad, con el objetivo de crear calles inclusivas que promuevan la movilidad sostenible, mejoren la calidad de vida y estimulen la economía local.

Calles inclusivas: Establecer vías equitativas e inclusivas que satisfagan las necesidades y funciones de todos los usuarios, poniendo un énfasis particular en individuos con discapacidad, personas de edad avanzada y niños. A pesar del nivel de ingresos, el género, la cultura, el idioma, o si el individuo se traslada o se queda en un sitio, las calles deben siempre dar prioridad a las personas.

Calles seguras: Diseñe calles que sean seguras y cómodas para todos los usuarios, priorizando la seguridad de los peatones, ciclistas y grupos vulnerables como niños, adultos mayores y personas con discapacidad. Las calles seguras deben tener límites de velocidad más bajos para disminuir los riesgos de accidentes, ofrecer vigilancia natural y asegurar que los espacios estén bien iluminados y libres de peligros.

Espacios multidimensionales: El diseño de calles tiene en cuenta el espacio y el tiempo. La calle es un espacio polifacético y en constante cambio que la gente percibe con todos sus sentidos. Si bien los planos horizontales son importantes, las paredes y los techos también juegan un papel importante en la creación de una atmósfera al aire libre.

Calles multimodales: Diseñado para proporcionar una variedad de opciones de movilidad, con un enfoque en la movilidad activa y sostenible. Las condiciones seguras, convenientes y cómodas para peatones, ciclistas y usuarios del transporte público brindan acceso a servicios y destinos esenciales, al tiempo que aumentan la capacidad de las calles.

Calles para el contexto: Diseñar las calles de manera que mejoren y respalden tanto los contextos actuales como futuros a diversas escalas. Una calle puede recorrer distintos entornos urbanos, desde áreas de baja densidad hasta centros urbanos más densos. A medida

que cambia el contexto, los usos y las densidades del suelo ejercen distintas presiones sobre la calle, lo que influye en las prioridades del diseño. (National Association of City Transportation, 2016)

6.1.2. Elementos del diseño vial

6.1.2.1. El terreno

6.1.2.1.1. Clasificación de los terrenos en categorías

Terreno plano. - Las inclinaciones laterales de la carretera son menores a cinco grados (5°). Se necesita mover muy poca tierra durante la construcción, lo cual facilita tanto el diseño como el nivelado del terreno. Las inclinaciones longitudinales usualmente son menores al tres por ciento (3%).

Terreno ondulado. - Las pendientes laterales del terreno están entre 6° y 13° . Durante la construcción, solo se necesita mover una cantidad moderada de tierra, lo que ayuda a mantener un trazado bastante recto sin mayores problemas en el diseño ni en el nivelado. Las pendientes longitudinales van del 3% al 6%.

Terreno montañoso. - Las inclinaciones laterales del terreno varían entre 13° y 40° . Por lo general, se necesita mover una cantidad considerable de tierra durante la construcción, lo que puede generar complicaciones tanto en el diseño como en el nivelado. Las pendientes longitudinales suelen estar entre el 6% y el 8%.

Terreno escarpado. - Las inclinaciones laterales del terreno suelen ser mayores a 40° . Este tipo de terreno demanda un movimiento extremo de tierras durante la construcción, lo que representa grandes desafíos tanto en el diseño como en el nivelado, ya que los alineamientos suelen estar determinados por las divisorias de aguas. Las pendientes longitudinales generalmente exceden el 8%.

6.1.2.1.2. El uso del terreno

El uso del terreno y su actividad económica influyen en el diseño de carreteras debido a su impacto en el tránsito y el movimiento peatonal, pudiendo incluso modificar el valor y uso de las tierras adyacentes. En áreas rurales, las autopistas se diseñan para altas velocidades con grandes espacios y visibilidad, mientras que en zonas urbanas se priorizan menores velocidades, giros frecuentes, y seguridad para peatones y estacionamiento, con opciones como viaductos o vías de servicio para mantener la funcionalidad. El diseño debe adaptarse a las necesidades específicas según la región (agrícola, recreacional, etc.), priorizando la seguridad de todos los usuarios. La topografía y los usos de la tierra son factores clave desde el inicio del planeamiento, apoyándose en fotografías aéreas y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para un análisis integral eficiente.

6.1.2.2.El transito

El diseño de la carretera debe basarse en datos de tráfico reales, ya que determinan el propósito de la carretera y afectan directamente sus características geométricas y estructurales. Es importante tener suficiente información para garantizar un diseño efectivo y práctico. Estos datos deben incluir el número de vehículos por día y en diferentes momentos del día, la composición del tráfico por tipo y peso de vehículo, y estadísticas detalladas sobre accidentes de tráfico, incluidos mapas de accidentes. Esta información no sólo calcula las cargas requeridas para el diseño geométrico y estructural, sino que también identifica posibles mejoras en aspectos clave como la geometría de la intersección, mejorando así la seguridad y eficiencia del proyecto.

6.1.2.3. La velocidad

La velocidad es un factor crucial en el transporte, pues determina cuánto tiempo se necesita para mover personas o bienes. La velocidad que elige un conductor depende de su habilidad, la del vehículo y factores como las características de la carretera, el clima, el tráfico y las restricciones legales. En zonas rurales, las condiciones de la vía suelen ser determinantes, mientras que en otros casos se busca satisfacer las demandas del público de manera segura y económica.

El diseño de carreteras busca equilibrar la seguridad y la funcionalidad, considerando una velocidad de diseño, que es la máxima velocidad segura bajo condiciones ideales. Esta velocidad influye directamente en elementos del diseño como el radio de curvatura y, aunque otros factores como el ancho del carril no dependen de ella, afectan el funcionamiento de los vehículos. Elegir la velocidad de diseño implica balancear aspectos funcionales, económicos y de seguridad para satisfacer a la mayoría de los usuarios, sin priorizar velocidades extremas ni condiciones desfavorables como el mal tiempo.

6.1.2.4. Capacidad

La capacidad de una carretera mide su habilidad para manejar el tránsito y se clasifica en flujo ininterrumpido (carreteras rurales o autopistas con control de accesos) y flujo interrumpido (áreas urbanas). Según el HCM, es el número máximo de vehículos que pueden circular en un carril o carretera durante un periodo específico bajo ciertas condiciones.

Cuando el volumen de tránsito es menor que la capacidad, los conductores tienen mayor libertad; si supera la capacidad, surge congestión y todos deben adaptarse al vehículo

más lento. En carreteras con pocos carriles, la capacidad se evalúa en ambos sentidos; en vías con múltiples carriles, se mide por carril y por hora.

El nivel de servicio califica la operación de una vía considerando velocidad, maniobrabilidad y seguridad. Se clasifica en seis niveles (A hasta F), desde flujo libre hasta congestión total. La capacidad de diseño, generalmente el 125% del volumen esperado, asegura que la vía ofrezca un servicio adecuado bajo las condiciones previstas.

características de los niveles de servicio, los volúmenes de servicio asociados y las velocidades máximas de circulación para carreteras rurales de dos carriles, según lo establecido en el HCM mostrada en la **Tabla 1**

Tabla 1

Niveles de servicio para carreteras 2 carriles

NIVEL DE SERVICIO	CONDICIÓN DE FLUJO	VELOCIDAD MÁXIMA DE CIRCULACIÓN	VOLUMEN DE SERVICIO
A	Flujo libre	100 km/h	500 vph
B	Flujo estable	80 km/h	1200 vph
C	Flujo estable	65 km/h	2000 vph
D	Flujo casi inestable	55 km/h	2400 vph
E	Flujo inestable	45 km/h	2800 vph
F	Flujo forzado	40 km/h	Variable (0 a máx.)

Nota. Fuente: (Ministerio de Transporte y obras Públicas del Ecuador, 2013)

6.1.2.5.Seguridad

Las carreteras modernas se diseñan para garantizar viajes seguros, cómodos y eficientes, aplicando altos estándares de ingeniería para reducir accidentes, que suelen ser causados por factores relacionados con el conductor, el vehículo y la vía.

El diseño debe prevenir situaciones inesperadas que requieran decisiones rápidas, ya que esto aumenta el riesgo de accidentes. Elementos como carriles estrechos, espaldones deficientes y visibilidad limitada son factores clave. Además, el control de accesos reduce significativamente los incidentes en autopistas.

La velocidad segura varía según el diseño de la carretera, el tráfico y las condiciones climáticas. Las vías deben ser seguras a velocidades que satisfagan a la mayoría de los conductores y peatones. También es esencial considerar los diferentes tipos de vehículos, priorizando espaldones amplios (mínimo 2.50 m) en carreteras principales para evitar accidentes relacionados con vehículos estacionados.

6.1.2.6.Vías integrales

El diseño de vías integrales busca crear proyectos viales totalmente implementados que prioricen la uniformidad, la seguridad y la comodidad dentro de las limitaciones económicas. Aunque no siempre se pueden alcanzar todos los objetivos, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Diseño en zonas especiales, ecológicas y densamente edificadas.
- Control de acceso y priorización, incluyendo tipos de separación e intercambio.
- Incluye aparcamiento, áreas de descanso y paradas de autobús.
- Gestión del tráfico y diseño de rampas, intersecciones y vías de servicio.

- Crear pasajes exclusivos para peatones, animales y maquinaria agrícola para reducir conflictos.
- Si se tiene en cuenta el impacto de cada factor ya en la fase de diseño, la seguridad vial puede mejorarse significativamente a bajo coste.

6.2.Importancia del Diseño de Infraestructura en Ingeniería Civil

En ingeniería civil, es necesario remodelar la infraestructura viaria mejorando el firme y optimizando el uso de los recursos, implementando al mismo tiempo soluciones sostenibles a largo plazo. La calzada rígida fue instalada como parte del redesarrollo de la vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento con el fin de resolver un problema de degradación vial y proponer una solución técnica que optimice la relación entre la inversión inicial y los beneficios en términos de sostenibilidad y reducción de mantenimiento.

6.3. Levantamiento topográfico

Al iniciar un análisis del sitio, el primer paso y el más importante es un levantamiento topográfico. En este proceso se observan y estudian las características físicas, geográficas y geológicas de la zona, así como sus posibles cambios. Utilizando una variedad de herramientas y métodos, se puede recopilar, procesar y mostrar información de forma precisa y detallada. Se registra cada aspecto significativo del sitio, incluidos todos los trabajos de construcción y excavación realizados por humanos. (Clientec Instrumentos, s.f.)

6.3.1. Importancia

La topografía es una herramienta clave para obtener información detallada y precisa sobre el terreno, desempeñando un papel fundamental en áreas como la ingeniería, la arquitectura, la geología, la agricultura y la minería. Proporciona datos esenciales que facilitan

el diseño seguro y eficiente de proyectos, además de identificar zonas de riesgo y optimizar el uso del suelo mediante modificaciones como la incorporación o eliminación de terraplenes.

Gracias a los avances tecnológicos, esta técnica ha encontrado aplicaciones en sectores innovadores, como la industria de los videojuegos, donde se utilizan mapas topográficos para crear entornos más realistas. Este proceso metódico y bien estructurado asegura exactitud, flexibilidad y personalización, consolidándose como una herramienta imprescindible en diversos campos.

6.3.2. Tipos de levantamientos topográficos

Levantamiento topográfico urbano:

Se realiza en zonas urbanas para medir y representar con precisión la forma y las características del terreno. Este proceso es crucial para la planificación de la ciudad, el diseño y la edificación de estructuras, así como para la instalación de infraestructuras, asegurando que los proyectos se adapten correctamente al entorno y a las necesidades del área. También facilita la identificación de elementos naturales y artificiales que pueden afectar el desarrollo urbano.

Levantamiento topográfico de construcción:

El levantamiento topográfico de construcción se lleva a cabo antes de comenzar una obra para obtener una representación exacta del terreno, definiendo la ubicación, pendientes y elevaciones necesarias. La información recopilada ayuda a prevenir errores en la obra y asegura la estabilidad de la estructura, sirviendo como base para un diseño adecuado.

Levantamientos topográficos forestales:

Se realiza en zonas boscosas para obtener información precisa sobre la ubicación de los árboles, la densidad, la altura del bosque y otros aspectos clave para la gestión forestal.

Los datos obtenidos son esenciales para planificar la explotación forestal, la reforestación, y para la prevención y control de incendios, garantizando una gestión sostenible de los recursos naturales.

Levantamientos topográficos catastrales:

Permite obtener información precisa sobre la ubicación, dimensiones y límites de las propiedades, siendo fundamental para la elaboración de planos catastrales, el registro y la gestión de bienes inmuebles, asegurando una correcta organización del suelo y una adecuada planificación urbana.

Levantamientos batimétricos:

Llevado a cabo en cuerpos de agua como ríos, lagos y océanos, se encarga de medir la profundidad, la forma y la ubicación del lecho acuático. La información obtenida es crucial para la elaboración de mapas batimétricos, los cuales se utilizan en actividades como la navegación, la pesca, la prevención de inundaciones y la construcción de infraestructuras marinas, garantizando una correcta gestión de los recursos hídricos y la seguridad en estos espacios. (Toposervis, s.f.)

6.3.3. Etapas del levantamiento topográfico

6.3.3.1. Planificación

Lo primero es la planificación, que es un paso fundamental para garantizar la precisión de los resultados de este trabajo. Aquí se identifican los puntos clave del levantamiento topográfico, se seleccionan los equipos y las herramientas de software prácticas y se describen en detalle las estrategias de trabajo de campo. También se elabora un plan de investigación que incluye todas las actividades a realizar en cada periodo de tiempo, dando como resultado el trabajo final. (Ingenium, 2023)

6.3.3.2. Establecimiento de puntos de control

Establecer puntos de control nos permite obtener la precisión de resultados requerida al realizar mediciones del terreno. Por lo tanto, es necesario seleccionar los puntos correctos en el terreno para realizar las mediciones. Tenga en cuenta que los puntos deben ser fijos y estables. Pueden ser identificados mediante GPS o puntos específicamente seleccionados en las especificaciones del proyecto. Una vez identificados los puntos de medición adecuados, los marcaremos en el suelo utilizando estacas, clavos, pintura u otras herramientas adecuadas. Necesitamos asegurarnos de que la cantidad de puntos de control marcados sea suficiente para cubrir toda el área en la que trabajaremos.

6.3.3.3. Recopilación de datos

Requiere ver la ubicación y altura de los objetos de interés, además de generar los puntos de elevación del terreno. Para ello, se utilizan herramientas como velocímetros, GPS, LiDAR y drones, cuya selección depende de factores como la precisión deseada, el espacio disponible, el tiempo y el presupuesto. Durante esta etapa, se digitalizan parámetros esenciales, como la distancia, la altura y los ángulos.

Asimismo, el análisis puede incluir elementos destacados del lugar, como edificaciones, carreteras e infraestructuras, brindando así una representación integral del área estudiada.

6.3.3.4. Procesamiento de datos y generación de mapas

Se hace uso de softwares como AutoCAD o Civil 3D para esto se limpia, filtra y valida los datos para facilitar la precisión del estudio. Este proceso permite modelar terreno, crear contornos, estimar volúmenes y crear secciones transversales. Los datos procesados se convierten en mapas topográficos y modelos 3D que muestran el terreno, incluidos objetos

como edificios y carreteras. Estos productos son cruciales para la toma de decisiones, la organización de proyectos, la comunicación, la garantía de la precisión y usabilidad de los resultados, así como el almacenamiento adecuado para garantizar la disponibilidad futura.

6.4. Normativas y Estándares de Diseño Vial

El diseño vial se rige por una serie de normativas y guías técnicas que establecen los criterios mínimos de diseño para asegurar la calidad, seguridad y durabilidad de las carreteras. En el contexto se suelen utilizar estándares como:

- Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO): En Ecuador, el MTO publica normas y manuales que definen especificaciones técnicas para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de carreteras. Estas normas cubren aspectos como el diseño geométrico, la calidad de los materiales y criterios de seguridad. (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS, 2013)
- Normativa Ecuatoriana de Vialidad (NEVI): El diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura vial en el Ecuador están definidos por el NEVI, el cual toma en consideración las condiciones climáticas y geológicas del país. Da recomendaciones sobre la elección de materiales y técnicas de construcción adecuadas para las carreteras locales.
- Normas AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials): La velocidad de diseño, el volumen de tráfico y la clasificación funcional de la carretera son criterios de diseño probados

para carreteras. Las normas AASHTO son ampliamente reconocidas como punto de referencia para el diseño de carreteras en muchos países.

- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización): La calidad de los materiales y procesos de construcción utilizados en la infraestructura vial en el Ecuador está definida por el INEN. Es crucial cumplir con estos estándares para garantizar que los materiales cumplan con los estándares de resistencia y durabilidad requeridos.
- ASTM (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales): La evaluación y prueba de materiales utilizados en la construcción de carreteras se basa en las normas ASTM. Existen procedimientos estandarizados para evaluar agregados, mezclas de concreto y asfaltos para garantizar que los materiales cumplan con los requisitos de diseño y desempeño.

6.5.Pavimentos

El pavimento es una estructura importante que ayuda a las personas a moverse, mantiene las cosas estables y funciona bien para diferentes lugares. Por eso es importante saber cuáles son los tipos de pavimentos que se puede estudiar que son dos, pavimento flexible y rígido.

Los pavimentos rígidos son una opción de construcción de alta ingeniería que ha sido diseñada específicamente para soportar cargas importantes. A diferencia de los pavimentos flexibles, cuya construcción se basa en materiales bituminosos, los pavimentos rígidos están formados por una losa de hormigón armado que descansa sobre una base preconstituida.

La construcción de pavimentos es un campo que combina la mecánica de suelos, la teoría estructural y la estadística. Hay muchos elementos que influyen en el diseño, que van

desde el tráfico y las características del suelo hasta las condiciones climáticas de la zona. El espesor de la losa, la cantidad de armadura y la distribución de las juntas de construcción y dilatación se determinan mediante métodos de diseño empíricos y racionales.

Debido a su desempeño a largo plazo, los pavimentos se emplean comúnmente en la construcción de carreteras de alta velocidad, aeropuertos y zonas industriales. Es fundamental implementar un adecuado programa de mantenimiento, que incluya inspecciones periódicas, reparación de grietas y renovación de juntas, para alargar la vida útil de estos pavimentos.

6.5.1. Tipos de pavimentos

6.5.1.1. Pavimentos flexibles

El pavimento se compone de diversas capas de material creadas para resistir el tráfico y ofrecer una superficie apropiada para el rodamiento. Su papel fundamental es repartir las cargas en la superficie de forma que no se superen los límites de tensión y deformación permitidos, tanto en el terreno de cimentación como en cada uno de sus estratos. Además, la capa superior tiene que ser impermeable al agua, proporcionar características antideslizantes y resistir el deterioro provocado por la fricción de los neumáticos. (Bitafal, 2020)

Características

Los pavimentos flexibles tienen varias características que los diferencian de los pavimentos rígidos. (TRC Paint, 2022)

Entre ellos encontramos las siguientes:

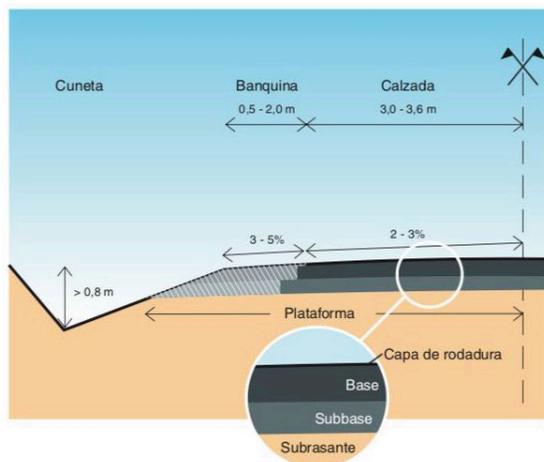
- **Multicapa y Calidad Superior:** Los pavimentos flexibles se componen de varias capas, y las más cercanas a la superficie están hechas de materiales muy resistentes y de alta calidad.

- **Visible Desgaste:** Cualquier deformación en la base o en las capas inferiores se percibe también en la superficie, mostrando rápidamente cualquier inconsistencia estructural.
- **Estabilidad Dinámica:** La estabilidad de estos pavimentos depende en gran parte de cómo interactúan sus agregados, es decir, la fricción y la cohesión entre las partículas.
- **Resistencia Clave:** Al diseñar estos pavimentos, es crucial tener en cuenta la fortaleza del suelo base (subrasante) y la resistencia a la flexión del hormigón (en caso esté presente).
- **Carga Gradual:** Las cargas aplicadas sobre el pavimento se distribuyen de forma gradual a través de sus múltiples capas, evitando concentraciones de estrés.
- **Inmunes a Temperatura:** No sufren tensiones por variaciones de temperatura, lo cual los hace muy duraderos incluso en climas cambiantes.
- **Propiedades de Autocuración:** Estas superficies tienen la capacidad de autocuración, lo que significa que algunas deformaciones, especialmente las causadas por cargas pesadas, pueden recuperarse hasta cierto punto por sí solas.

Capas de los pavimentos flexibles:

Ilustración 3

Capas del Pavimento



Nota. Fuente: (Bitafal, 2020)

Capa de rodadura: Esta capa está diseñada para resistir el desgaste de los neumáticos y soportar esfuerzos de tracción y corte, así como los efectos de la lluvia. Su propósito es proporcionar comodidad y seguridad al tránsito vehicular de la manera más económica posible. En los pavimentos flexibles, la capa de rodadura puede presentarse en tres formas principales: desde materiales granulares básicos como toscas, hasta tratamientos superficiales con betún para caminos de tráfico moderado, y hasta capas de mezcla asfáltica más complejas. (Bitafal, 2020)

Capa base: Esta capa estructural es esencial para soportar gran parte de los esfuerzos generados por el tráfico y sirve de base para la capa de rodadura. Su objetivo principal es proporcionar el espesor necesario al pavimento para que pueda soportar el tráfico estimado durante toda su vida útil. Generalmente, se compone de material granular seleccionado, que incluyen áridos finos y gruesos. En algunos casos, se utilizan 'bases negras', que son capas de

mezcla asfáltica colocadas debajo de la rodadura para aumentar la durabilidad de la estructura. (Bitafal, 2020)

Capa subbase: Ubicada por debajo de la base, esta capa cumple una función estructural crucial al añadir espesor al pavimento. Además, previene la ascensión capilar del agua y proporciona una plataforma de trabajo estable y resistente. (Bitafal, 2020)

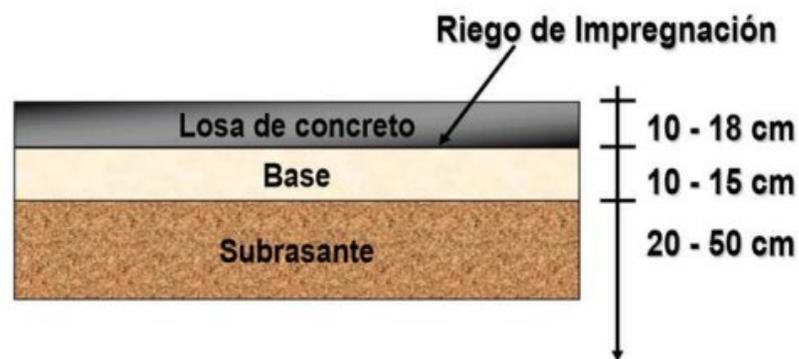
6.5.1.2. Pavimentos rígidos

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto de cemento portland sobre una capa base de grava, la cual descansa en una subrasante de suelo compactado.

La resistencia estructural de este tipo de pavimento proviene principalmente de la losa de concreto. (Universidad Tecnológica Nacional)

Ilustración 4

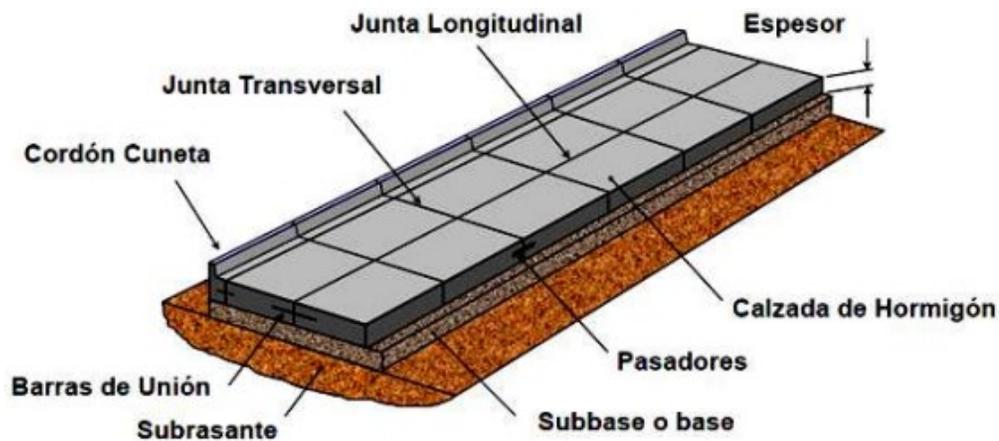
Corte transversal



Nota. Fuente: (Universidad Tecnológica Nacional)

Ilustración 5

Componentes del sistema



Nota. Fuente: (Universidad Tecnológica Nacional)

6.5.1.3. Diferencias entre pavimentos flexibles y rígidos

Factores como el costo inicial, el mantenimiento y la vida útil juegan un papel crucial en la selección del tipo de pavimento más adecuado para un proyecto vial. En este contexto, comprender las diferencias entre pavimentos flexibles y rígidos puede ayudar a tomar decisiones informadas que optimicen la funcionalidad y la sostenibilidad de la infraestructura vial.

A continuación, veremos algunas diferencias:

Tabla 2*Diferencia entre Pavimento Rígido y Pavimento Flexible*

Propiedades	Pavimento rígido	Pavimento Flexible
Material Principal	Construido con concreto hidráulico (cemento, agregado y agua) que pueden incluir barras de refuerzo.	Compuesto principalmente por mezclas asfálticas, que incluyen agregado y asfalto como aglutinante.
Estructura	Más resistente y rígido; distribuye las cargas sobre un área más amplia con menos deformación.	Diseñado para distribuir las cargas al subsuelo a través de varias capas. La flexibilidad permite adaptarse a deformaciones menores en la subrasante.
Vida útil	Mayor duración, típicamente 20 a 40 años con menor necesidad de mantenimiento significativo.	Menor vida útil en comparación con pavimentos rígidos, típicamente 10 a 20 años, dependiendo del mantenimiento.
Costo Inicial	Más alto debido al costo del material (concreto) y procesos de construcción más elaborados.	Más económico de construir debido a materiales menos costosos y proceso de construcción más rápidos.
Mantenimiento	Menos mantenimiento periódico, pero las reparaciones pueden ser costosas y más complejas.	Requiere mantenimiento periódico, como sellado de grietas, bacheo y, eventualmente, recapado.
Resistencia a Climats	Mejor desempeño frente a temperaturas extremas; no se ablanda en climas cálidos ni se agrieta fácilmente por el frío.	Más sensible a temperaturas extremas; el calor puede ablandar el asfalto, mientras que el frío puede generar grietas.
Carga Soportable	Ideal para tráfico pesado y cargas concentradas, como en carreteras principales y pistas de aeropuertos.	Adecuado para cargas moderadas; en áreas con tráfico pesado requiere mantenimiento más frecuente.
Tiempo de Construcción	Más lento debido al tiempo de fraguado y curado del concreto.	Generalmente más rápido que el pavimento rígido.

Nota. Fuente: (Unifort, s.f.)

6.5.2. Pasos para diseñar un pavimento rígido

1. Se determina el tipo de tráfico pesado expresado en EE con el número de Esals

2. Determinar los índices de servicios “Po, Pt ” y diferencial de serviciabilidad “ ΔPSI ”
3. Determinar la confiabilidad y desviación estándar normal “Zr”
4. Determinar el módulo de reacción de la sub rasante Kc, k1,ko.
5. Asignar la resistencia del hormigón “f' c” y el flexo tracción “Mr.” según el rango de tráfico.
6. Determinar el módulo elástico del concreto “Ec”
7. Determinar el coeficiente de drenaje “Cd”
8. Determinar el coeficiente de Transferencia de carga “J”
9. Determinar el módulo de rotura S'c
10. Asignamos un Pavimento nuevo
11. Determinar el espesor de losa “D”.

6.6.La Importancia del Control de Tránsito

El control del tráfico juega un papel esencial en la gestión urbana contemporánea, garantizando así la seguridad vial, la fluidez del tráfico y la calidad de vida de los residentes. Es relevante por la importancia de controlar el tráfico rodado, reducir el riesgo de accidentes y optimizar el uso de la infraestructura viaria. (MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS, 2013)

La ingeniería de tráfico proporciona las herramientas y los modelos matemáticos esenciales para analizar los flujos de vehículos y diseñar sistemas de control eficaces. La teoría de sistemas facilita la comprensión de la complejidad de los sistemas de transporte y las interacciones entre sus diversos elementos.

Hay muchos objetivos relacionados con el control del tráfico, como la seguridad vial, la movilidad y la sostenibilidad.

6.6.1. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y su relevancia en el diseño vial.

Para mejorar las carreteras del país y garantizar un tránsito más eficiente y seguro, se ha propuesto una nueva clasificación que se basa en datos de tráfico recopilados por el MTOP en septiembre de 2012, estadísticas de accidentes y el crecimiento constante del parque automotor, que ha aumentado a un promedio del 6% anual en los últimos 14 años. Este análisis muestra que muchas vías ya superan los 80,000 vehículos diarios (TPDA), lo que evidencia la necesidad de diseñar carreteras pensando no solo en las necesidades actuales, sino también en las futuras.

La propuesta busca incorporar en las Normas NEVI lineamientos que aseguren una circulación eficiente y segura para todos los usuarios: peatones, ciclistas, motociclistas, transporte público, vehículos livianos y pesados. Esto incluye definir dimensiones mínimas, implementar equipamiento de seguridad y diseñar carreteras adecuadas tanto para zonas urbanas como rurales. Asimismo, se plantea clasificar las carreteras según el tráfico actual y proyectado para el año de diseño, permitiendo que su construcción se realice por etapas, en función del crecimiento del tránsito y del presupuesto disponible.

Esta clasificación funcional de las carreteras, basada en el TPDA, se encuentra detallada en la **Tabla 3** y servirá como guía para establecer las características funcionales y geométricas necesarias en los proyectos viales.

Tabla 3*Clasificación funcional de las vías en base al TPDA*

Clasificación de las Vías en la base al TPDA _d			
Descripción	Clasificación funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA _d) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o carretera	AV2	26000	50000
Multicarril	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

Nota. Fuente: (Ministerio de Transporte y obras Públicas del Ecuador, 2013)

Nota:

* TPDA.- Tráfico Promedio Diario Anual

** TPDA_d. = TPDA correspondiente al año horizonte o de diseño

En esta clasificación considera un TPDA_d para el año horizonte se define como:

TPDA_d = Año de inicio de estudios + Años de Licitación, Construcción + Años de Operación

C1 = Equivale a carretera de mediana capacidad

C2 = Equivale a carretera convencional básica y camino básico

C3 = Camino agrícola / forestal

6.6.2. Volumen de tránsito

Los estudios de volúmenes de tránsito tienen como objetivo obtener información sobre el movimiento de vehículos y personas en puntos específicos de un sistema vial. Una medición clave en estos estudios es el conteo de vehículos, que se utiliza para estimar los volúmenes de tránsito, siendo el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) la principal unidad de medida.

El TPDA se calcula a partir de observaciones puntuales y factores de variación, teniendo en cuenta previamente el tamaño y peso de los vehículos. Para clasificar los vehículos, se utilizan las normas establecidas por el MTOP.

Ilustración 6

Clasificación general de los vehículos (MTOP)

TIPO DE VEHICULO		No. de EES	ESQUEMA	SIMBOLO
VEHICULOS LIVIANOS	AUTOMOVIL	2		P
	CAMIONETA			C
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B
	CAMIONES	2		2-S
		3		3-S
				2-S1
		4		2-S2
		5		3-S2
	OTRAS COMBINACIONES			
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE		En variable
	MAQUINARIA AGRICOLA			
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS			
	OTROS			

Nota. Fuente: (Ortega, 2013)

En el estudio del volumen de tránsito se deben tener en cuenta varios conceptos, a saber:

a) Tránsito promedio diario. El Tránsito Promedio Diario (TPD) es un indicador clave para planificar y diseñar carreteras, ya que muestra cuántos vehículos, en promedio, transitan por una vía en un día típico. Este dato ayuda a evaluar la capacidad de la carretera, su rendimiento y a prever necesidades futuras, como mantenimiento, ampliaciones o rediseños.

A partir del TPD se calcula el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), que considera el tránsito total de un año dividido entre 365 días, incluyendo las variaciones estacionales. Este cálculo es fundamental para entender el uso anual de la carretera, justificar costos, diseñar elementos estructurales y funcionales adecuados, y definir estrategias que hagan las vías más seguras y eficientes.

b) Volumen de la hora pico. Es el volumen de tránsito que circula por una carretera en la hora de tránsito más intenso.

c) Volumen horario de diseño. El Volumen Horario de Diseño (VHD) es un indicador crucial en el diseño de infraestructuras viales, ya que representa la cantidad máxima de vehículos esperados durante la hora pico. Se utiliza para asegurar que la carretera pueda manejar las condiciones de tráfico más críticas, comparando este volumen con la capacidad de la vía. A diferencia del Tránsito Promedio Diario (TPD) o el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el VHD se enfoca en los momentos de mayor congestión y se calcula como un porcentaje del TPDA.

El VHD es esencial para definir el diseño geométrico de las carreteras, influenciando aspectos como el número de carriles, las intersecciones y la sincronización de semáforos, garantizando así que la infraestructura pueda manejar tanto el tráfico promedio como el de mayor demanda.

d) Proyección del tránsito. Es clave a la hora de diseñar y mejorar las infraestructuras viales, ya que nos permite anticipar cuántos vehículos utilizarán una carretera en el futuro. Este análisis es fundamental para asegurarnos de que las nuevas carreteras o las que estamos mejorando puedan manejar el volumen de tráfico que se espera durante su vida útil, teniendo en cuenta también el mantenimiento necesario. El diseño de la vía debe ser capaz de adaptarse al aumento anual de vehículos, previniendo que la capacidad se vea rebasada con el paso del tiempo.

Además, la proyección del tránsito no solo ayuda a dimensionar adecuadamente la infraestructura, sino que también nos permite planificar las ampliaciones y mejoras necesarias a largo plazo. De este modo, garantizamos que la carretera siga siendo funcional y eficiente, incluso con el crecimiento del flujo vehicular. Este proceso es esencial para evitar que las vías se congestionen antes de tiempo, asegurando su durabilidad y buen funcionamiento a lo largo de los años.

Es difícil determinar la vida útil de una carretera, puesto que cada una de sus partes está sujeta a variaciones en su vida esperada, por varias causas, como obsolescencia, cambios inesperados en los usos del terreno, etc. Se considera que la zona o derechos de vía tienen una vida de 100 años (para los cálculos económicos); el pavimento, entre 10 y 30 años; los puentes, entre 25 y 100 años, y las estructuras de drenaje menores, de 50 años, siempre suponiendo un mantenimiento adecuado.

CAPÍTULO III

7. METODOLOGÍA

Dentro del estudio que se llevó a cabo para el proyecto, se muestra una metodología descriptiva, de carácter cuantitativa experimental, debido a los procesos ejecutados y que se explicaran dentro de este capítulo.

Para iniciar el desarrollo del proyecto se identificó las técnicas y métodos de estudio a implementar, llegando a la resolución de centrar el plan en tres fases principales:

- Estudio de campo y levantamiento de datos
- Análisis de suelos y la caracterización de materiales
- Diseño del pavimento.

Cada una de estas etapas se desarrolla para obtener información precisa y relevante que permite realizar un diseño adecuado de la Vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento, ubicada en el cantón Santa Elena.

7.1.ESTUDIO DE CAMPO.

El estudio de campo y levantamiento de datos constituye la base que permite establecer parámetros de selección del diseño. En esta etapa se realiza estudios topográficos, se recopilan datos sobre el estado actual del pavimento y por últimos se realiza un análisis del tráfico vehicular de la vía mediante el conteo manual de vehículos

7.2.Levantamiento topográfico

Para tener de manera detallada las mediciones y características de la vía, es necesario realizar un levantamiento longitudinal, utilizando herramientas como estaciones totales y GPS de precisión para determinar las características geométricas de la vía, incluyendo su pendiente,

curvatura, y dimensiones exactas. Esta información es fundamental para entender el comportamiento de la vía ante las condiciones de tráfico y clima.(Jairo et al., 2018)

La topografía abarca 0+496,35 metros desde la calle Sucre a la calle Félix Sarmiento, con coordenada UTM 516098.41 m E, 9754814.17 m S haciendo uso de una estación total que da proporciona los datos del terreno de forma detallada, al momento de realizar la topografía según la longitud del terreno se establece la distancia en la que se toman los puntos que nos permitirá obtener la información del terreno, se marca la localización del terreno mediante GPS que nos concede una precisión de hasta centímetros de georeferenciación para así recopilar información de elevaciones, curvas y características del terreno gracias a la topografía.

7.3.Evaluación del estado de la vía

Dentro del estudio de campo mediante una inspección visual, se debe reconocer las condiciones de la vía como fisuras, deformaciones y áreas en las que puede presentar hundimientos, en esta evaluación para verificación del estado para una posible comparación se puede apoyar con evidencias fotográficas. Además, se llevará a cabo la toma de muestras de suelo y pavimento para su análisis en laboratorio. Estas muestras se extraerán de diferentes puntos de la vía para evaluar las condiciones de la subrasante, la subbase y el pavimento existente. Esto permitirá obtener datos representativos de las características geotécnicas y la composición del suelo, así como del estado del pavimento.(Nazif, 2011)

7.4.Análisis del tráfico vehicular

Para determinar los métodos se debe reconocer las cargas que pasan por la vía constantemente por lo que se debe realizar una medición de volumen del tráfico mediante un conteo manual de vehículos para determinar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y su

composición. Esto permite evaluar la demanda actual y futura de la vía además de establecer los requerimientos del diseño.

7.4.1. Control del tráfico

Para obtener el tráfico diario promedio anual (TPDA), se contó manualmente el número de vehículos en la vía.

Este tipo de investigación permite comprender los flujos de vehículos y los niveles de tráfico reales. Los estudios de flujo de tráfico se realizan registrando manualmente cada vehículo y estimando su volumen. De esta manera se conoce la demanda de vehículos que circulan por la calle.

A continuación, se presenta evidencia de puntos estratégicos para el registro de vehículos en circulación del sector.

Ilustración 7

Lugar de conteo vehicular



Fuente: Google Earth Pro

7.4.2. Cálculo del tráfico promedio diario semanal (TPDS)

El TPDS es el resultado que se consigue con el conteo de tráfico diario durante una semana.

Dado que el período de estudio abarcó 7 días, el proceso de cálculo del tráfico promedio semanal se calcula con la siguiente ecuación:

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

A continuación, se calcula el %T. P.D.S se obtienen con la siguiente formula:

$$\%T.P.D.S = \frac{T.P.D.S*100}{\sum T.P.D.S \text{ total}}$$

Donde:

TPDS: Tráfico promedio diario semanal

Dn: Días normales

De: Días especiales

M: Número de días que se realizó el conteo

Tabla 4:

Conteo de vehículos semanal

CONTEO DE VEHICULOS											
DIRECCION		Santa Elena, Vía Alternativa desde la calle sucre hasta la felix sarmiento				PAVIMENTO TIPO:		Asfalto		HOJA No:	1
CARRILES		2 carriles - 2 sentidos- 1 calzadas.				UBICACIÓN:		Sta. Elena semana 24 h		FECHA:	30/12/2024
TIEMPO	FECHA	LIVIANOS(L)		PESADOS					LIVIANOS	VEHICULOS TOTALES	
		AUTOS	CAMIONETAS	BUSES (2DA)	2DA	CAMIONES			MOTOS		
						3S3(O-OO-OOO)	3A(O-OO)	2S3(O-O-OOO)			
9:30-18:00	LUNES 23-12-24	195	135	0	20	0	0	0	104	454	
9:30-18:00	MARTES 24-12-24	137	116	0	7	0	0	0	98	358	
9:30-18:00	MIERCOLES 25-11-24	150	124	0	10	0	0	0	95	379	
9:30-18:00	JUEVES 26-12-24	180	102	0	18	0	0	0	98	398	
9:30-18:00	VIERNES 27-12-24	175	135	0	24	0	0	0	100	434	
9:30-18:00	SABADO 28-12-24	147	110	0	8	0	0	0	94	359	
9:30-18:00	DOMINGO 29-12-24	137,0	106,0	0	5,0	0	0	0	98,0	346	
TOTALES		1121,0	828,0	0,0	92,0	0,0	0,0	0,0	687,0	2728,0	
T.P.D.S.		160,1	118,3	0,0	13,1	0,0	0,0	0,0	98,1	389,7	
%T.P.D.S		41,1	30,4	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	25,2	100,0	

Nota. Fuente: Autor.

$$T.P.D.S = \frac{5}{7} \left(\frac{2023}{5} \right) + \frac{2}{7} \left(\frac{705}{2} \right)$$

Por lo tanto, en este caso el

T.P.D.S = 389,7 vehículos por día en ambos sentidos

7.4.3. Factor de ajuste mensual (Fm)

El valor de factor mensual se calcula a partir de los datos de flujo vehicular, estos valores se dan según la estación de peajes por mes, para determinar el factor para el diseño se escoge el valor que nos proporciona la MTOP según el mes que se realizó el conteo.

En este caso se empleará el factor del mes de diciembre, asignando el valor de 0,878.

Tabla 5

Factor de estacionalidad mensual

MES	FACTOR
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

Nota. Fuente: NEVI-12-MTOP,2013

7.4.4. Factor de ajuste diario (Fd):

Para determinar este valor se define un Fd por día y al final se promedia para obtener el factor de ajuste diario para cada día se utiliza la siguiente fórmula:

$$Fd = \frac{TPDS}{TD}$$

Donde:

TD: Tráfico diario

TPDS: Tráfico promedio diario semanal

Tabla 6

Ajuste diario de vehículos

Días	Conteo Diario TD (Veh. /día)	Fd (TPDS/TD)
Lunes	454	0,86
Martes	358	1,09
Miércoles	379	1,03
Jueves	398	0,98
Viernes	434	0,90
Sábado	359	1,09
Domingo	346	1,13
Total	2728	1,01

Nota. Fuente: Autor

Una vez establecido el Fd se obtiene como resultado un valor de 1,01.

7.4.5. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

El cálculo anual de tráfico se promedia bajo la siguiente ecuación

$$TPDA = TPDS \times Fm \times Fd$$

Donde:

TPDS: Tráfico promedio diario semanal

Fm: Factor mensual

Fd: Factor diario

Por lo tanto,

$$TPDA = 389,7 \times 0,878 \times 1,01$$

TPDA = 345,57 vehículos por día en ambos sentidos

7.4.6. Tráfico Diario

Las previsiones de tráfico futuras no sólo se basan en los volúmenes de tráfico normales actuales, sino también en el crecimiento esperado del tráfico en carreteras nuevas o existentes. Este aumento se experimenta en un período de uno o dos años después de que la carretera ha sido puesta en servicio.

Para predecir el volumen de tráfico futuro, primero necesitamos obtener las tasas de tráfico generado y desarrollado según las siguientes expresiones:

$$Tg = x\%(TPDA)$$

$$Td = 5\%(TPDA)$$

Donde:

Tg: Tráfico generado (incremento entre el 5% hasta 25% del TPDA)

Td: Tráfico desarrollado (genera un incremento de 5% del TPDA)

En este caso se utilizará el máximo porcentaje para tener el Tráfico generado

$$Tg = 25\%(TPDA)$$

$$Tg = 25\%(345,57)$$

$$Tg = 86,39$$

Y el tráfico desarrollado es el siguiente:

$$Td = 5\%(TPDA)$$

$$Td = 5\%(345,57)$$

$$Td = 17,27$$

Después de adquirir las tasas de incremento se realiza el cálculo de tráfico asignado mediante la siguiente expresión:

$$T. \text{ asignado} = TPDA \text{ actual} + Tg$$

$$T. \text{ asignado} = 345,57 + 86,39$$

$$T. \text{ asignado} = 431,96$$

Tabla 7

Composición del Tráfico-T.P.D.S.

TIPO DE VEHÍCULO	T.P.D.S.	%T.P.D.S.
AUTOS	160,1	41,1
CAMIONETAS	118,3	30,4
2DA	13,1	3,4
MOTOS	98,1	25,2
TOTAL	389,7	100,0

Nota. Fuente: Autor

Tabla 8*Composición del Tráfico T. Asignado*

TIPO DE VEHÍCULO	TRÁFICO ASIGNADO	% TRÁFICO ASIGNADO
AUTOS	177,4	41,06%
CAMIONETAS	131,0	30,33%
2DA	14,6	3,37%
MOTOS	108,7	25,16%
TOTAL	431,96	100%

Nota. Fuente: Autor

7.4.7. Tráfico proyectado

Este proceso implicó determinar ecuaciones de regresión lineal simple que se ajustan mejor al intervalo de tiempo. Luego se calcularon coeficientes de estimación para evaluar la consistencia de los datos disponibles. Utilizando las ecuaciones resultantes se predijo el tráfico promedio diario anual (TPDA) asignado a las vías analizadas, cubriendo un período de 20 años a partir de 2024. La proyección se obtiene según la siguiente expresión:

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

Donde:

Tf : Tráfico futuro

Ta : Tráfico actual asignado

i : Tasa de crecimiento vehicular

n : Período de proyección, expresado en años

Para saber la tasa de crecimiento vehicular que comprende la fórmula de tráfico proyectado se hace uso de las tablas que proporciona el Ministerio de Transporte y Obras Públicas que se muestra a continuación.

Tabla 9*Tasas de Crecimiento según el Tipo de Vehículo*

TASAS DE CRECIMIENTO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2010-2020	3,75	1,99	2,24
2020-2030	3,37	1,80	2,02
2030-2040	3,06	1,63	1,84

Nota. Fuente: NEVI-12-MTOP-2013

Las tasas de crecimiento proporcionados son del 2020 al 2030 y del 2030 al 2040 para una proyección de 20 años, es decir, se trabajó con una tasa de crecimiento (*i*) del 2024 al 2029 en vehículos livianos con 3,37%, en buses 1,80% - 1,63 y en camiones 2,02%, del 2030 hasta el último año de proyección con 3,06% vehículos livianos, 1,63% buses y 1,84% camiones.

Tabla 10*Cálculo de Tráfico Actual*

LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
417,08	0,00	14,56

Nota. Fuente: Autor

Tabla 11:*Proyección de tráfico a 20 años*

		3,37%-3,06	1,80%-1,63%	2,02%-1,84%	
2024	0	417	0	15	432
2025	1	431	0	15	446
2026	2	446	0	15	461
2027	3	461	0	15	476
2028	4	476	0	16	492
2029	5	492	0	16	508
2030	6	500	0	16	516
2031	7	515	0	17	532
2032	8	531	0	17	548
2033	9	547	0	17	564
2034	10	564	0	17	581
2035	11	581	0	18	599
2036	12	599	0	18	617
2037	13	617	0	18	635
2038	14	636	0	19	655
2039	15	656	0	19	675
2040	16	676	0	19	695
2041	17	696	0	20	716
2042	18	718	0	20	738
2043	19	739	0	21	760
2044	20	762	0	21	783

Nota. Fuente: Autor

7.5. ANÁLISIS DE SUELOS

En la fase de análisis de suelos y caracterización de materiales, se llevan a cabo ensayos de laboratorio, evaluando su capacidad de soporte y su idoneidad para el diseño propuesto. Además, se analizarán los materiales más adecuados para la construcción del pavimento, considerando factores como la resistencia, durabilidad y comportamiento bajo las condiciones de carga vehicular. Estos análisis garantizarán que los materiales utilizados cumplan con los requisitos necesarios para una estructura duradera y eficiente.

7.5.1. Ensayos de laboratorios.

Los ensayos de laboratorios son fundamentales en el proceso de estudio de la calle, ya que permiten determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción. Estos ensayos aseguran que los materiales seleccionados cumplan con los estándares de calidad, resistencia y durabilidad requeridos para el proyecto. Además, proporcionan información clave para evaluar el comportamiento de los materiales bajo diferentes condiciones de carga que luego sirvan de manera seguras y eficientes que puedan garantizar su vida útil y desempeño óptimo a largo plazo del diseño.

7.5.1.1. Contenido de humedad de las muestras

Para determinar la humedad del suelo se extrae una pequeña muestra obtenida directamente del sitio de estudio, para que la muestra no pierda humedad se hace uso de recipientes herméticos que permitan conservar la humedad antes del ensayo. Para este procedimiento, en este caso se recolecto dos muestras del suelo una por cada calicata y fueron trasladadas al laboratorio, donde se hizo uso de una balanza digital con una sensibilidad de 0.01 g previamente calibrada para determinar los pesos.

Posteriormente, para conocer el peso de cada una de las muestras se colocó una cantidad de suelo húmedo en cada recipiente y se registró los datos. Las muestras fueron introducidas en un horno a una temperatura constante durante un periodo de 24 horas hasta alcanzar un peso constante. Tras el secado, los recipientes con las muestras fueron retirados del horno. Finalmente, se pesaron nuevamente para determinar el peso del suelo seco y obtener el porcentaje de humedad.

Para determinar el porcentaje de humedad se utilizó las siguientes formulas:

$$W = \frac{P_h - P_s}{P_s - P_b} * 100$$

Donde:

P_h : Peso de muestra húmeda (g)

P_s : Peso de muestra seca (g)

P_b : Peso de muestra seca (g)

Muestra de Calicata #1

Tabla 12

Contenido de humedad muestra#1- Calicata n°1

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
M. Muestra Húmeda + Recipiente:	3329,90
M. Muestra. Seca + Recipiente:	3221,09
M. Recipiente:	419,40
Total Material:	2801,69
Fondo:	363,20
Humedad Natural:	3,88%

Nota. Fuente: Autor

Muestra de Calicata#2

Tabla 13

Contenido de humedad muestra#2-Calicata n°2

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTMD 2216)	
M. Muestra Húmeda + Recipiente:	3478,20
M. Muestra. Seca + Recipiente:	3315,30
M. Recipiente:	430,30
Total Material:	2885,00
Fondo:	365,80
Humedad Natural:	5,65%

Nota. Fuente: Autor

7.5.1.2.Muestreo de suelo

El siguiente procedimiento se realizó con las muestras obtenidas de las calicatas del lugar de estudio, se prepara la muestra y se escoge el método que se utilizara en este proceso, en este caso el proceso fue de cuarteo manual.

Posteriormente, se coloca la muestra en una superficie no absorbente, se mezcla totalmente con una pala, extendiendo la muestra en la superficie y formando un círculo de forma uniforme. Luego, se divide en 4 partes iguales de las cuales se selecciona dos muestras de lados opuestos cada uno se las separa, se repite el proceso hasta obtener la muestra del suelo adecuado. Por último, la muestra es llevada al horno durante un tiempo de 24 horas, una vez pasada la duración de secado de la muestra puede ser utilizada para el ensayo granulométrico.

7.5.1.3.Análisis granulométrico.

Este ensayo se realizó mediante tamizado siguiendo la norma ASTM D6913.

Para proceder con el ensayo se determina el peso seco total de las muestras y se selecciona una serie de tamices estándar organizados de manera descendentes.

Posteriormente, se coloca la muestra en los tamices y es sometida a vibración por medio de un tamizador durante un tiempo de 15 minutos, para que se separen las partículas. Una vez finalizado el tiempo de vibración del tamizado, se toma datos de cada peso que contienen los tamices.

Finalmente, se realiza los cálculos para obtener las curvas granulométricas, que permiten clasificar el suelo según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) o la clasificación AASHTO, dependiendo de los requerimientos del estudio.

Tabla 14

Granulometría por tamizado

TAMIZ #	MASA RETENIDA	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE
4"	0,00	0,00%	0,00%	100%
3"	0,00	0,00%	0,00%	100%
2 1/2"	0,00	0,00%	0,00%	100%
2"	0,00	0,00%	0,00%	100%
1 1/2"	102,80	3,67%	3,67%	96,33%
1"	120,10	4,29%	7,96%	92,04%
3/4"	115,30	4,12%	12,07%	87,93%
1/2"	102,30	3,65%	15,72%	84,28%
3/8"	110,25	3,94%	19,66%	80,34%
No.4	110,30	3,94%	23,59%	76,41%
No.8	150,24	5,36%	28,96%	71,04%
No.10	146,90	5,24%	34,20%	65,80%
No.12	135,00	4,82%	39,02%	60,98%
No.20	144,00	5,14%	44,16%	55,84%
No.30	180,30	6,44%	50,59%	49,41%
No.40	120,50	4,30%	54,90%	45,10%
No.50	174,50	6,23%	61,12%	38,88%
No.80	220,25	7,86%	68,98%	31,02%
No.100	105,50	3,77%	72,75%	27,25%
No.200	400,25	14,29%	87,04%	12,96%
Fondo	363,20	12,96%	100,00%	0,00%
TOTAL	2801,69	100%		

Nota. Fuente: Autor

7.5.1.4. Ensayo Proctor Modificado

El Ensayo Proctor Modificado se aplicó según la metodología de la norma AASTHO T180, consiste en compactar muestras de suelo en un molde estándar bajo una energía de compactación elevada. Este ensayo permite identificar la cantidad de agua que debe añadirse

al suelo para alcanzar su máxima densidad, optimizando así la preparación de la base del pavimento.

Por otro lado, para emplear el ensayo se identifica el método que se empleara, al ser un suelo de tipo arena limosa, se basa al método D del Proctor, con un molde cilíndrico 4 pulgadas de diámetro, martillo de compactación de 10 libras, un tamiz n#4 para separación de partículas y recipientes para agregar humedad al suelo.

Para empezar con el ensayo se debe verificar que el material se encuentre seco para poder tamizarlo, y no tenga complicaciones en el proceso. Luego, se añade agua a la muestra ya tamizada hasta que alcance un contenido de humedad inferior a la humedad optima esperada al ser mezclada. Posterior a esta acción se distribuye la muestra con homogeneidad en 5 partes iguales y colocarla en el molde por capas, por cada capa se debe compactar con el martillo la muestra con 25 números de golpes desde una altura de 457 mm aproximadamente, una vez compactada las cinco capas se retira el anillo del cilindro se retira el exceso de suelo para nivel la superficie con una regla metálica y se procede a pesar el molde con suelo compactado para obtener una muestra de la masa húmeda, esta sea pesada y llevada al horno para determinar su contenido de humedad. Por último, se repite el ensayo con diferentes cantidades de agua, aumentando la humedad hasta obtener una densidad seca máxima, la humedad optima y la gráfica de curva de compactación.

7.5.1.5. Índice de Soporte California (CBR)

El Índice de Soporte California (CBR) se empleará para medir la capacidad de soporte de la subrasante y de las capas de subbase y base del pavimento. Este ensayo, siguiendo la

metodología de la ASTM T193-63, consiste en compactar una muestra de suelo en un molde de 6 pulgadas y someterla a una carga de penetración estándar.

A continuación, el ensayo se llevó a cabo utilizando las muestras recolectadas de las calicatas. Para ello, de cada calicata se obtuvieron tres cilindros compactados con diferentes grados de compactación y mismo porcentaje de humedad. El ensayo de CBR no es muy distinto al ensayo Proctor ya que pasa por un proceso de tamizado, en secuencia se humedece las muestras para alcanzar un contenido de humedad adecuado y cada cilindro es llenado en 5 capas al igual que el ensayo antes mencionado ya que, este también se dividió de forma homogénea, compactado según el número de golpes asignado al cilindro, en este caso fueron 10 golpes para el primer cilindro, 25 golpes el segundo y 56 golpes el tercer cilindro, golpes que fueron dado por un martillo manual de aproximadamente 10 libras de forma secuencial según lo indica la norma para asegurar una distribución uniforme de los golpes.

Una vez culminado el proceso de golpes, se coloca los pesos necesarios para calcular la sobrecarga calculada y se lleva los cilindros a una piscina con cal en la cual se colocará un trípode de medida por el borde del cilindro para tomar medidas de las muestras. Este procedimiento de toma de medidas se realiza durante 4 días para conocer el hinchamiento de la muestra, luego de esos días se saca la muestra se deja escurrir y secar en el exterior por un tiempo de 15 minutos.

Por último, se prepara los cilindros se someten a la prueba del equipo CBR. El cual consiste en aplicar una carga sobre la muestra mediante un pistón estándar de dos pulgadas de diámetro, mientras es medida la resistencia que ejerce la carga de la presa hidráulica que va con una velocidad de 0,05 pulgadas por minuto. Los datos obtenidos permiten calcular el valor del CBR para cada nivel de compactación, al obtener los resultados ya analizados y

comparados se toma el valor de cbr a un grado de compactación al 95 % y 100% luego se promedia los %CBR obtenido de cada una de las calicatas.

7.6.DISEÑO DE PAVIMENTO

La etapa final corresponde al diseño del pavimento. En esta fase, se desarrollan los cálculos y modelos que permiten definir la estructura óptima del pavimento, además se utiliza software especializado de diseño vial para modelar el pavimento.

7.6.1. Calculo y modelado

Luego de realizar toda la recopilación de datos, obtenidos de los procedimientos anteriores a partir del levantamiento hasta los ensayos se procede a realizar los cálculos para el diseño aplicando los lineamientos técnicos de las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) y de la AASHTO 93 (American Association of State Highway and Transportation Officials).

El cálculo estructural se centrará en determinar el espesor adecuado de cada capa del pavimento, incluyendo la capa de concreto, subbase y base, para asegurar una distribución adecuada de las cargas vehiculares y minimizar las tensiones y deformaciones en el suelo. Se realizará un análisis de cargas estáticas y dinámicas, considerando factores como la frecuencia y el peso de los vehículos que transitan por la vía. Este análisis permitirá establecer los parámetros necesarios para un diseño de pavimento eficiente y acorde con las condiciones específicas de la vía.

7.6.2. Velocidad de diseño

De acuerdo con la proyección del tráfico para un período de 20 años, se estable los datos con los valores que nos proporciona la clasificación establecida por MTOP a partir de TPDA.

Ilustración 8

Tabla de Valores de Diseño Recomendados para Carreteras de Dos Carriles y Caminos Vecinales de Construcción

NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾		CLASE II 1 000 – 3 000 TPDA ⁽¹⁾				CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾				CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾				CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾															
	RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA		RECOMENDABLE		ABSOLUTA											
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M									
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽⁸⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽⁸⁾			
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	80	20 ⁽⁸⁾
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	390	290	190	110	110	390	210	150	210	150	110
Peralte	MAXIMO = 10%																10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V = 50 K.P.H.)													
Coefficiente "K" para:																														
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	48	19	48	28	7	48	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3
Gradiente longitudinal ⁽⁹⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14
Gradiente longitudinal ⁽⁹⁾ mínima (%)	0,5%																													
Ancho de pavimento (m)	7,3		7,3		7,0		6,70		6,70		6,00		6,00		6,00		4,00 ⁽⁸⁾													
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Homogén				Carpeta Asfáltica				Carpeta Asfáltica o D.T.S.B				D.T.S.B, Cape Granular o Empedrado				Cape Granular o Empedrado													
Ancho de espaldones ⁽⁷⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)				---							
Gradiente transversal para pavimento (%)	3,0				3,0				3,0				3,0				2,5 (C.V. Tipo 6 y 7)				4,0									
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁸⁾ - 4,0				2,0 - 4,0				2,0 - 4,0				2,0 - 4,0				4,0 (C.V. Tipo 5 y 6)				---									
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																													
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44, HS - MOP, HS - 25																													
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																													
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																													
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																													
	LL - TERRENO PLANO O - TERRENO ONDULADO M - TERRENO MONTAÑOSO																													

- El TPDA indicado es el volumen promedio anual de tráfico diario proyectado a 15 – 20 años, cuando se proyecta un TPDA en exceso de 7 000 en 10 años debe investigarse la necesidad de construir una autopista. (Las normas para esta serán parecidas a las de la Clase I, con velocidad de diseño de 10 K.P.H. más para clase de terreno – Ver secciones transversales típicas para más detalles. Para el diseño definitivo debe considerarse el número de vehículos equivalentes.
- Longitud de las curvas verticales: $L = KA$, en donde K = coeficiente respectivo y A = diferencia algebraica de gradientes, expresado en tanto por ciento. Longitud mínima de curvas verticales: $L_{min} = 0,60V$, en donde V es la velocidad de diseño expresada en kilómetros por hora.
- En longitudes cortas menores a 500 m, se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 2% en terrenos montañosos, solamente para las carreteras de Clase I, II y III. Para Caminos Vecinales (Clase IV) se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos ondulados y 3% en terrenos montañosos, para longitudes menores a 750 m.
- Se puede adoptar una gradiente longitudinal de 0% en rellenos de 1 m. a 6 m. de altura, previo análisis y justificación.
- Espaldón pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía. (Ver Secciones Típicas en Normas). Se ensanchará la calzada 0,50 m más cuando se prevé la instalación de guarda caminos.
- Cuando el espaldón está pavimentado con el mismo material de la capa de rodadura de la vía.
- En los casos en los que haya bastante tráfico de peatones, usense dos aceras completas de 1,20 m de ancho.
- Para tramos largos con este ancho, debe ensancharse la calzada a intervalos para proveer refugios de encuentro vehicular.
- Para los caminos Clase IV y V, se podrá utilizar $V_0 = 20$ Km/h y $R = 15$ m siempre y cuando se trate de aprovechar infraestructuras existentes y relieve difícil (escarpado).

NOTA: Las Normas anotadas "Recomendables" se emplearán cuando el TPDA es cerca al límite superior de las clases respectivas o cuando se puede implementar sin incurrir en costos de construcción. Se puede variar algo de las Normas Absolutas para una determinada clase, cuando se considere necesario el mejorar una carretera existente siguiendo generalmente el trazado actual.

Nota. Fuente: NEVI-12-MTOP,2013

Tal como se muestra en el siguiente cuadro: de acuerdo con esta clasificación la vía que está ubicada en el cantón de Santa Elena corresponde a una carretera CLASE III-Absoluta.

Tabla 15

Valores de Diseño de la Vía a Diseñar

T.P.DA. (Proyectado a 20 años)	431,96
Clasificación de vía	Clase III
Terreno	Ondulado
Velocidad de Diseño	60 km/h
Ancho de pavimento	6,7 m

Nota. Fuente: Autor

7.6.2.1.Cálculo de velocidad de circulación

La velocidad de circulación vehicular debe ser adecuada a las circunstancias y a la vía por la que se circule por lo tanto se la calcula mediante la siguiente expresión:

$$Vc = 0,8Vd + 6,5$$

Donde:

Vc: Velocidad de circulación

Vd: Velocidad de diseño

$$Vc = 0,8Vd + 6,5$$

$$Vc = 0,8(60) + 6,5$$

$$Vc = 54,5 \cong Km/h$$

7.6.2.2. Coeficiente longitudinal

El coeficiente de fricción longitudinal entre llanta y superficie de rodamiento proporciona nos ayuda para poder determinar a futuro las deceleraciones del vehículo para que el usuario deba detenerse de forma cómoda y controlada en su trayectoria.

$$f = \frac{1,15}{V^{0,3}}$$

$$f = \frac{1,15}{60^{0,3}}$$

$$f = 0,34$$

7.6.2.3. Distancia de visibilidad

Es la distancia de visibilidad necesaria para que un conductor, en el momento que está conduciendo a la velocidad diseñada, al ver un objeto en su camino y pueda detener el vehículo antes de que alcance ese objeto.

$$D = 0,278Vt + \frac{v^2}{254f}$$

$$D = 0,278(60)(2,5) + \frac{60^2}{254 * 0,34}$$

$$D = 83,39$$

7.6.3. Método AASHTO 93

$$\log_{10}(W18) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

W18= Trafico equivalente o ESAL's.

Zr= Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R.

So= Desviación estándar.

Δ PSI= Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado.

Mr= Modulo de resiliencia efectivo de la subrasante.

SN= Numero estructural Calculado. SNR= Numero estructural Requerido.

Tabla 16

Periodo de análisis de diseño según el tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA	PERÍODO DE ANÁLISIS
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

Nota. Fuente: American Association of State and Transportation Highway Officials, 1997

7.6.4. Cálculo de factor ESALS'S

7.6.4.1. Factor de carga equivalente (FCE)

Es el factor de carga equivalente de los tipos de vehículos empleados en el proyecto.

Existen cuatro tipos de ejes que se clasifican en:

$$\text{Eje Simple Llanta Simple } F_{ss} = \left(\frac{L_{ss}}{6.6}\right)^4$$

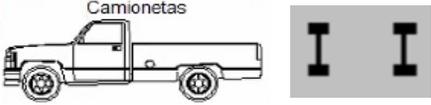
$$\text{Eje Simple Llanta Doble } F_{sd} = \left(\frac{L_{sd}}{8.2}\right)^4$$

$$\text{Eje Tandem Llanta Doble } F_t = \left(\frac{L_t}{15}\right)^4$$

$$\text{Eje Tridem Llanta Simple } F_{tr} = \left(\frac{L_{tr}}{23}\right)^4$$

Tabla 17

Carga por eje según tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Eje	Tipo de eje	CARGA POR EJE		
			(Ton)	Kn	Kip
Automóviles, Vagonetas 	1	Simple	0,82	8,04	1,80
	2	Simple	3,28	32,14	7,22
Camionetas 	1	Simple	0,60	5,88	1,32
	2	Simple	2,40	23,52	5,28
Otros Livianos 	1	Simple	0,4	3,92	0,88
	2	Simple	1,6	15,68	3,52
	1	Simple	3	29,40	6,6
	2	Simple tandem	7	68,60	15,4

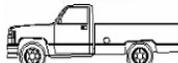
Nota. Fuente: Autor

7.6.4.2. Cálculo del FCE del vehículo

$$FCE = F_{ss} + F_{sd}$$

Tabla 18

Cálculo de FCE Según tipo de vehículo

Tipo de Vehículo	Eje	Tipo de eje	CARGA POR EJE			F _{ss} / F _{sd}	FCE
			(Ton)	Kn	Kip		
Automóviles, Vagonetas 		1 Simple	0,82	8,04	1,80	0,000238276	0,0612
		2 Simple	3,28	32,14	7,22	0,060998567	
Camionetas 		1 Simple	0,60	5,88	1,32	6,83013E-05	0,0176
		2 Simple	2,40	23,52	5,28	0,017485144	
Otros Livianos 		1 Simple	0,4	3,92	0,88	1,34916E-05	0,0035
		2 Simple	1,6	15,68	3,52	0,003453856	
		1 Simple	3	29,40	6,6	0,042688341	1,3081
		2 Simple tandem	7	68,60	15,4	1,265366749	

Nota. Fuente: Autor

7.6.5. Repeticiones de carga W18

Para poder calcular el W18 se debe tener los siguientes datos, tales como:

1. F_d= Factor Direccional.
2. F_c= Factor de Distribución por carril.
3. F_p= Factor de presión de neumático.

Tales que los valores de F_d, F_c y F_p son coeficientes que se obtienen a partir de la tabla 2B. 703- 01 que nos brindan la NEVI-12 (Norma Ecuatoriana Vial), lo cual todo dependerá de las características existente de la vía.

7.6.5.1. Factor direccional (Fd) y Factor de distribución por carril (Fc)

Tabla 19

Factor de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)
1 calzada (para IMD a total de la calzada)	1 sentido	1	1,00	1,00
	1 sentido	2	1,00	0,80
	1 sentido	3	1,00	0,60
	1 sentido	4	1,00	0,50
	2 sentidos	1	0,50	1,00
	2 sentidos	2	0,50	0,80
2 calzadas con separador central (para IMD a total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0,50	1,00
	2 sentidos	2	0,50	0,80
	2 sentidos	3	0,50	0,60
	2 sentidos	4	0,50	0,50

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos, 2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

7.6.5.2. Factor de ajuste por presión de neumático

Tabla 20

Factor de ajuste por presión de neumático

Factor de ajuste por presión de neumático (Fp) para ejes equivalentes (EE)							
Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN=0.90x (Presión de inflado del neumático) (Psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1,00	1,36	1,80	2,31	2,91	3,59	4,37
60	1,00	1,33	1,72	2,18	2,69	3,27	3,92
70	1,00	1,30	1,65	2,05	2,49	2,99	3,53
80	1,00	1,28	1,59	1,94	2,32	2,74	3,20
90	1,00	1,25	1,53	1,84	2,17	2,52	2,91
100	1,00	1,23	1,48	1,75	2,04	2,35	2,68
110	1,00	1,21	1,43	1,66	1,91	2,17	2,44
120	1,00	1,19	1,38	1,59	1,80	2,02	2,25
130	1,00	1,17	1,34	1,52	1,70	1,89	2,09
140	1,00	1,15	1,30	1,46	1,62	1,78	1,94
150	1,00	1,13	1,26	1,39	1,52	1,66	1,79
160	1,00	1,12	1,24	1,36	1,47	1,59	1,71
170	1,00	1,11	1,21	1,31	1,41	1,51	1,61
180	1,00	1,09	1,18	1,27	1,36	1,45	1,53
190	1,00	1,08	1,16	1,24	1,31	1,39	1,46
200	1,00	1,08	1,15	1,22	1,28	1,35	1,41

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos,2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

7.6.5.3.Cálculo de las Repeticiones de carga

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes, en el periodo de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados. Se utilizará las siguientes fórmulas:

$$\sum EE_i = \sum (TPDA * \text{Factor camion}) * F_d * F_c * F_p$$

$$Fca = \left(\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right)$$

Donde:

Fca: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado

r: Tasa anual de crecimiento o proyección de tráfico por tipo de vehículo

n: Periodo de diseño, en años

$$W18 (ESALs) = \sum EEi * Fca * 365$$

Donde:

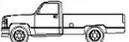
Fca: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado

365: Días que hay en el año

EEi: Eje equivalente por cada tipo de vehículo pesado

Tabla 21

Calculo de N° ESALs

Tipo de Vehículo	Eje	Tipo de eje	CARGA POR EJE			Fss / Fsd	FCE	N° de ejes	Fd	Fc	Fp	N° de ESALs
			(Ton)	Kn	Kip							
 Automóviles, Vagonesetas		1 Simple	0,82	8,04	1,80	0,000238276	0,0612	177,37	0,50	0,80	1,00	4,34
		2 Simple	3,28	32,14	7,22	0,060998567						
 Camionetas		1 Simple	0,60	5,88	1,32	6,83013E-05	0,0176	131,01	0,50	0,80	1,00	0,92
		2 Simple	2,40	23,52	5,28	0,017485144						
 Otros Livianos		1 Simple	0,4	3,92	0,88	1,34916E-05	0,0035	100	0,50	0,80	1,00	0,15
		2 Simple	1,6	15,68	3,52	0,003453856						
 Z DA		1 Simple	3	29,40	6,6	0,042688341	1,3081	100	0,50	0,80	1,00	7,62
		2 Simple tandem	7	68,60	15,4	1,265366749						
											$\sum EEi$	13,03
											Fca	22,02
											1 año	365
											W18 ó Esa	104748,41

Nota. Fuente: Autor

$$(ESALs) = 13,03 * 22,02 * 365$$

$$(ESALs) = 104748,41$$

7.6.6. Confiabilidad R

Para determinar la confiabilidad (%R) se lo realiza según los datos que nos proporciona las AASHTO 93 de acuerdo con el rango de los ejes equivalentes acumulados lo cual representa la probabilidad de como una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño.

A continuación, se especifican los valores recomendaos de niveles de confiabilidad para los siguientes rangos de tráfico:

Tabla 22

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,000	150,001	65%
	T_{P1}	150,001	300,000	70%
	T_{P2}	300,001	500,000	75%
	T_{P3}	500,001	750,000	80%
	T_{P4}	750,001	1 000,000	80%

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos,2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

Según el tipo de tráfico T_{P0} el nivel de confiabilidad ronda por el 65%.

7.6.7. Desviación Normal Estándar Zr

El Coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr) representa la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal. Luego de asignar el nivel de confiabilidad se determina con la siguiente tabla:

Tabla 23

Coficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100 000	150,001	-0,385
	T_{P1}	150 001	300 000	-0,524
Tránsito	T_{P2}	300 001	500 000	-0,674
	T_{P3}	500 001	750 000	-0,842
	T_{P4}	750 001	1 000 000	-0,842

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos, 2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

Según el tipo de tráfico T_{P0} , en la tabla de valores se encuentra un $Z_r = -0,385$.

7.6.8. Desviación Estándar Combinada del Sistema “So”

La desviación estándar (S_o) se utiliza para tener en cuenta la variabilidad del tránsito como en los factores que afectan el desempeño del pavimento a lo largo del tiempo. Este valor permite incorporar en el diseño, las condiciones que podrían influir en el comportamiento del pavimento, como las cargas de tránsito variables, las características de los materiales y las condiciones climáticas de la zona.

Según las normas AASHTO, se recomienda que, para los pavimentos flexibles, se debe utilizar un rango de 0,40 a 0,50.

En este caso, se adopta un valor de $S_o = 0,45$ para el diseño.

7.6.9. Índice de servicialidad “ ΔPSI ”

Para evaluar la comodidad de circulación que una vía ofrece a los usuarios en un momento específico se requiere del índice de servicialidad. Este índice refleja el estado de la vía, ya que, a medida de su uso esta se deteriora, debido al clima u otros factores, por lo que este factor también disminuye.

La serviciabilidad inicial, representa la condición de la vía recién construida, cuando se encuentra en su estado óptimo para determinar la servicialidad inicial se utilizan valores establecidos por la AASHTO mediante la siguiente tabla:

Tabla 24

Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIALIDAD (P_i)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,001	150,000	3,80
	T_{P1}	150,001	300, 000	3,80
	T_{P2}	300,001	500, 000	3,80
	T_{P3}	500,001	750,000	3,80
	T_{P4}	750,001	1 000 000	3,80
Resto de Caminos	T_{P5}	1 000,001	1 500 000	4,00
	T_{P6}	1 500,001	3 000,001	4,00
	T_{P7}	3 000,001	5 000,000	4,00
	T_{P8}	5 000,001	7 500,000	4,00
	T_{P9}	7 500,001	10 000,000	4,00
	T_{P10}	10 000,001	12 500,000	4,00
	T_{P11}	12 500,001	15 000,000	4,00
	T_{P12}	15 000,001	20 000,000	4,20
	T_{P13}	20 000,001	25 000,000	4,20
	T_{P14}	25 000,001	30 000,000	4,20
	T_{P15}		>30 000,00	4,20

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos,2013 basado en datos de la Guía AASHTO’93

La serviciabilidad terminal, representa la condición de la vía, cuando se encuentra en estado de requerir algún tipo de rehabilitación o reconstrucción. Para determinar la serviciabilidad terminal (Pt), se utilizan valores establecidos por la AASHTO a continuación mediante tabla:

Tabla 25

Índice de Serviciabilidad terminal (Pt) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIALIDAD (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,001	150,000	2,00
	T_{P1}	150,001	300,000	2,00
	T_{P2}	300,001	500,000	2,00
	T_{P3}	500,001	750,000	2,00
	T_{P4}	750,001	1 000,000	2,00
Resto de Caminos	T_{P5}	1 000,001	1 500,000	2,50
	T_{P6}	1 500,001	3 000,001	2,50
	T_{P7}	3 000,001	5 000,000	2,50
	T_{P8}	5 000,001	7 500,000	2,50
	T_{P9}	7 500,001	10 000,000	2,50
	T_{P10}	10 000,001	12 500,000	2,50
	T_{P11}	12 500,001	15 000,000	2,50
	T_{P12}	15 000,001	20 000,000	3,00
	T_{P13}	20 000,001	25 000,000	3,00
	T_{P14}	25 000,001	30 000,000	3,00
	T_{P15}		>30 000,00	3,00

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos,2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

Una vez definido el valor de serviciabilidad inicial y terminal se calcula la diferencia de estas obteniendo el índice de serviciabilidad que se va a implementar en el diseño. Este valor se obtiene de la siguiente manera

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

Donde:

Pi: Serviciabilidad inicial

Pt: Serviciabilidad terminal o final

$$\Delta PSI = 3,80 - 2,00$$

$$\Delta PSI = 1,80$$

7.6.10. Módulo Resiliente “Mr”

Para determinar el módulo de la subrasante, con ayuda de los resultados del ensayo de CBR, obtendremos el valor del módulo haciendo uso de la siguiente formula:

$$Mr = 2555 * CBR^{0,64}$$

Una vez vista la fórmula de módulo resiliente para pavimentos flexible con el %CBR al 19,27% se procede al cálculo del módulo

$$Mr = 2555 * 19,27^{0,64}$$

$$Mr = 16971.304 \text{ Psi}$$

7.6.11. Determinación de coeficientes estructurales

Los cálculos de espesores por capa que conforman el pavimento se obtienen mediante la siguiente formula:

$$SN = a1D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3$$

Donde:

a1: coeficiente estructural de la capa superficial

a2: coeficiente estructural de la base

a3: coeficiente estructural de la subbase

D1: Espesor de capa superficial

D2: Espesor de base

D3: Espesor de Subbase

m2: Coeficiente de drenaje de base

m3: Coeficiente de drenaje de subbase

Para determinar los coeficientes se lo realiza mediante la tabla

Tabla 26

Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento ai- Capa superficial

Componente del pavimento	Coefficiente	Valor coeficiente estructural a_i (cm)	Observación
Capa Superficial			
Carpeta asfáltica en caliente, modulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 oC (68oF)	a_1	0,170/cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de tráfico
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión	a_1	0,125/cm	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 1'000,000$ EE.
Micropavimento 25 mm	a_1	0,130/cm	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento Superficial Bicapa	a_1	0,250(*)	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 12 mm	a_3	0,150 (*)	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.

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos,2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

Para capa superficial se usará un valor de coeficiente estructural de $a_1 = 0,170$ cm

Tabla 27

Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento ai- Base

Componente del pavimento	Coefficiente	Valor coeficiente estructural $a_i(\text{cm})$	Observación
Base			
Base granular CBR 80% compactada al 100% de la MDS	a_2	0,052/cm	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/cm	Capa de base recomendada para tráfico $> 5'000,000$ EE.
Base granular tratada con asfalto (Estabilidad Marshall=1500 lb)	a_2	0,115/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico
Base granular Tratada con cemento (resistencia a la compresión 7 días = 12kg/cm ²)	a_2	0,070 cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico
Base Granular tratada con cal (resistencia a la compresión 7 días=12 kg/cm ²)	a_2	0,080 (*)	Capa de base recomendada para todos los tipos de tráfico

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos,2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

Para la base se usará un valor de coeficiente estructural de $a_2 = 0,052$ cm

Tabla 28

Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento ai- Sub-Base

Componente del pavimento	Coefficiente	Valor coeficiente estructural $a_i(\text{cm})$	Observación
Sub-Base			
Sub-Base Granular CBR 40% compactada al 100% de MDS	a_3	0,047/cm	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	0,050/ cm	Capa de Sub-Base recomendada para tráfico $> 15'000,000$ EE

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos,2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

Para la subbase se usará un valor de coeficiente estructural de $a_3 = 0,047$ cm

7.6.12. Factores de drenaje “Cd”

La calidad del drenaje fue evaluada para determinar su capacidad de evacuar el agua de manera eficiente según el tiempo que tarda el agua en ser evacuada en la estructura del pavimento.

Tabla 29

Calidad del Drenaje

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos, 2013 basado en datos de la Guía AASHTO’93

Como la calidad del drenaje en este caso es bueno el tiempo asignado será de 1 día para el diseño.

Luego de asignar el tiempo y calidad se determina el coeficiente de drenaje (mi) según el porcentaje de tiempo en el que esta expuesto el pavimento a humedad que lleguen a aproximarse a una saturación.

Tabla 30

Valores recomendados del coeficiente de Drenaje mi Para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1 a 5%	5 a 25%	Más del 25%
Excelente	1,4 – 1,35	1,35 – 1,3	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	1,00-0,8	0,80
Malo	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy malo	1,05-0,95	0,95 -0,75	0,75-0,40	0,40

Nota. Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología y pavimentos,2013 basado en datos de la Guía AASHTO'93

Para la asignación del coeficiente del presente caso, se obtiene m1 y m2 considerando que la capacidad de drenaje es bueno y presente más del 25% de tiempo próximos a la saturación por humedad, es así como:

$$M1=1,00$$

$$M2= 1,00$$

7.6.13. Cálculo de número estructural requerido

El SN se determina a partir de la fórmula recomendada por la AASHTO, considerando los valores calculados previamente para cada factor de la formula.

Este cálculo permite establecer los espesores óptimos para cada capa del pavimento, garantizando que la vía pueda resistir las solicitaciones a lo largo de su vida útil, optimizando recursos y asegurando una infraestructura eficiente y duradera.

Una vez recopilados los datos necesarios, se aplica la ecuación para calcular el numero estructural.

$$\log_{10}(W18) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{1094}\right)}{0.4 + \frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Tabla 31

Cálculo de número estructural requerido

Nota. Fuente: Ecuación AASHTO 93

Con ayuda del software “Ecuación AASHTO 93” para calcular el numero estructural se obtiene que el Sn requerido es igual 1,37.

7.6.13.1. Espesores para diseño

Se asigna el valor de D1, D2 Y D3 mínimos, según lo indique la norma. Tales que estos se los denomina de la siguiente manera:

D_1 : Espesor de capa superficial

D_2 : Espesor de base

D_3 : Espesor de Subbase

En base a las normas se asigna que los espesores según sus capas serán los siguientes:

Tabla 32

Cálculo de espesores

Tipo de Capa	Coefficiente	Valor del espesor (cm)
Capa Superficial	D_1	5cm
Base	D_2	15 cm
Subbase	D_3	15 cm

Nota. Fuente: Autor.

Para luego aplicar la siguiente fórmula para sacar el valor del número estructural calculado (SN):

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

$$SN = 0.170 * 5 + 0.052 * 15 * 1 + 0.047 * 15 * 1$$

$$SN = 2.335$$

Debe cumplir:

SNR(Requerido) < SN (Calculado)

$$1.370 < 3.470$$

Siendo 1,370 un valor menor a 3,470, dando como resultado que el diseño propuesto

SI CUMPLE.

7.6.14. Uso de Software

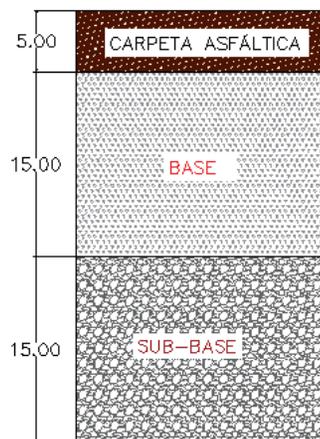
Para el modelado del pavimento, se utilizaron los programas AutoCAD, Civil 3D, los cuales facilitarán la elaboración de planos detallados y el diseño tridimensional del proyecto:

- AutoCAD se empleó para la elaboración de planos técnicos y detalles constructivos
- Civil 3D con este software se realizó un modelo tridimensional del terreno y de la vía, simulando las condiciones geográficas y topográficas de la Vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento.

Esta metodología, estructurada en estas tres fases, permitió obtener un diseño de pavimento factible para la Vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento, alineado con las necesidades del tráfico local y las características del entorno, asegurando así una mejora significativa en la movilidad y la seguridad vial de la zona.

Ilustración 9

Espesores de diseño



Nota. Fuente: Autor

CAPITULO IV

8. Análisis de Resultados

El enfoque de esta sección se centrará en la evaluación y análisis de los datos recopilados durante el proceso de diseño de la vía, con el propósito de presentar de manera clara y concisa la propuesta de solución que se obtuvo para la problemática planteada al inicio del documento.

8.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico realizado permitió interpretar y evaluar las condiciones del terreno. A partir de los datos obtenidos, del terreno ubicado en Santa Elena con coordenadas 516098.41 m al Este y 9754814.17 m al Sur por sus características de elevación del terreno se prueba que el tipo de terreno es ondulado y se diseñó la vía a base de las curvas de nivel.

8.2. Registro de flujo vehicular

Se dio un registro de 2728 vehículos lo cual nos ayudó a llevar los cálculos para poder determinar los factores necesarios para la proyección a futuro, lo cual nos determinó que en ambos sentidos de la vía se va a tener 357 vehículos/día con un crecimiento anual de 84 vehículos con un tipo de vía clase III.

8.3. Ensayo de suelos

Los estudios de suelos fueron esenciales para poder realizar el proyecto por lo cual se obtuvo una recopilación de datos expresados en el siguiente recuadro:

Tabla 33*Recopilación de Datos*

ESTUDIO DE SUELOS		
Datos obtenidos	CALICATA 1	CALICATA 2
Profundidad (m)	1,50	1,50
Tipo de suelo	Arena limosa (SM)	
Contenido de humedad	3,88%	5,65%
Consistencia del suelo	No plástico	
Humedad Optima	8,82%	10,86%
%CBR	15,37%	23,16%

Nota. Fuente: Autor.

Dentro del proceso de estudio, para poder determinar los valores requeridos del diseño, se realizó dos calicatas con profundidad de 1,50 metros del cual se tomaron muestras para los ensayos requeridos, obteniendo como resultado que tiene cada una de las muestras tienen un tipo de suelo de arena limosa (SM), con un porcentaje de humedad natural de 3,88% solo la primera calicata y 5,65 % la segunda, lo que da un promedio de 4,76 % de humedad, al conocer el tipo de suelo se determinó que es un suelo que no tiene plasticidad por lo cual no se requirió de hacer el ensayo de límites de Atterberg, por lo cual nos permitió identificar el método Proctor a emplear y determinar una humedad optima del 8,82% y 10,86%, que promediada es de 9,84% . Por último, el resultado del ensayo CBR para determinar partes esenciales del diseño nos dio un 15,37% y 23,16% que promediados nos da un 19,27%.

8.4.Diseño Vial

En el diseño del pavimento se estableció que la capa asfáltica, , debe tener un espesor de mínimo de 5 centímetros. Este espesor garantiza la resistencia adecuada para soportar las cargas del tráfico, proporcionando una superficie duradera y resistente al desgaste.

En cuanto a la capa base, se determinó un espesor de 15 cm. Esta capa cumple la función de distribuir de manera uniforme las cargas del tráfico, aportando estabilidad y resistencia estructural al pavimento.

Finalmente, para la subbase, se definió un espesor igual al de la base de 15 centímetros.

El diseño de la vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento contribuye a mejorar la movilidad y, en consecuencia, al desarrollo de la zona mediante la implementación de soluciones técnicas adaptadas a las condiciones del terreno y el flujo vehicular proyectado.

La capa asfáltica, la base y la subbase han sido diseñadas con espesores óptimos para garantizar la funcionalidad de la vía, mejorar la seguridad vial y reducir los costos de mantenimiento a largo plazo. Estas medidas, integradas al diseño vial, optimizan el flujo vehicular, reducen tiempos de desplazamiento y aumentan la conectividad entre los sectores del cantón Santa Elena, impulsando así el desarrollo social y económico de la zona.

9. CONCLUSIONES

El diseño de la vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento del cantón Santa Elena cumple con el objetivo general de proporcionar una solución vial funcional, segura y sostenible para los usuarios. La metodología aplicada, que inclusión levantamientos topográficos, análisis del tráfico y estudios de suelos, permitió recopilar datos precisos y relevantes que garantizaron un diseño óptimo, alineado con las normativas vigentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Los resultados obtenidos confirman que la implementación de un pavimento adecuado aumentará la capacidad de carga de la vía, reducirá los tiempos de desplazamiento y mejorará significativamente la seguridad en el sector, especialmente en las inmediaciones del centro educativo, donde la alta afluencia de estudiantes, docentes. y padres exigen una infraestructura confiable.

En relación con los objetivos específicos, el levantamiento topográfico detallado permitió identificar las características geométricas del terreno, esenciales para un diseño vial que se adapta a las condiciones locales. El registro del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) proporcionó una visión clara de las demandas actuales y futuras de la vía, lo que permitió proyectar un diseño acorde con el crecimiento esperado del tránsito vehicular en el área. Finalmente, el diseño vial desarrollado, basado en normas técnicas y análisis detallados de los materiales disponibles, garantiza una solución duradera, resistente a las cargas vehiculares y adecuada para las condiciones climáticas locales. Este proyecto no solo contribuirá a la mejora de la movilidad y conectividad del sector, sino que también se beneficiará directamente a la comunidad al ofrecer una infraestructura vial que priorice la seguridad y la sostenibilidad.

10. RECOMENDACIONES

El diseño de la vía lateral desde la calle Sucre hasta la calle Félix Sarmiento del cantón Santa Elena cumple con el objetivo general de proporcionar una solución vial funcional, segura y sostenible para los usuarios. La metodología aplicada, que inclusión levantamientos topográficos, análisis del tráfico y estudios de suelos, permitió recopilar datos precisos y relevantes que garantizaron un diseño óptimo, alineado con las normativas vigentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO). Los resultados obtenidos confirman que la implementación de un pavimento adecuado aumentará la capacidad de carga de la vía, reducirá los tiempos de desplazamiento y mejorará significativamente la seguridad en el sector, especialmente en las inmediaciones del centro educativo, donde la alta afluencia de estudiantes, docentes. y padres exigen una infraestructura confiable.

En relación con los objetivos específicos, el levantamiento topográfico detallado permitió identificar las características geométricas del terreno, esenciales para un diseño vial que se adapta a las condiciones locales. El registro del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) proporcionó una visión clara de las demandas actuales y futuras de la vía, lo que permitió proyectar un diseño acorde con el crecimiento esperado del tránsito vehicular en el área. Finalmente, el diseño vial desarrollado, basado en normas técnicas y análisis detallados de los materiales disponibles, garantiza una solución duradera, resistente a las cargas vehiculares y adecuada para las condiciones climáticas locales. Este proyecto no solo contribuirá a la mejora de la movilidad y conectividad del sector, sino que también se beneficiará directamente a la comunidad al ofrecer una infraestructura vial que priorice la seguridad y la sostenibilidad.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcívar, G., & Conforme, S. (2023). *PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTÓBAL*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.
- Astudillo, J. (2022). *Diseño de pavimento rígido empleando método AASHTO 93, Calle San Gabriel, del Asentamiento Humano Noé 4 Etapa-Tumbes-2022*.
- Bedoya, J. (2023). *ANÁLISIS COMPARATIVO ESTRUCTURAL PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS UTILIZANDO LAS METODOLOGÍAS AASHTO 93 Y PCA*.
- Bogotá, M. (2022). *GUÍA PARA LA MEDICIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DE LAS PRÁCTICAS EN MATERIALES Y DISEÑO PARA PAVIMENTO RÍGIDO*. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.
- Caza, C., & Romero, L. (2023). *PROPUESTA DE MEJORAMIENTO VIAL PARA EL ACCESO A LOS SECTORES: MIRAFLORES ALTO Y LA MOYA, DEL KM 0+000 HASTA KM 2+000, DE LA CALLE PATRIA, PARROQUIA ALOASÍ, CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA*.
- Chamaidán, A. (2022). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS QUE OPTIMICEN EL DESEMPEÑO DE VÍAS URBANAS*. UNIVERSIDAD TECNICA DE MACHALA.
- González, J., González, C., & Jiménez, L. (2022). *Estudio de tráfico, modelación y diseño del trazado vial de la intersección carrera 22 con calle 21 sur*.
- Jaimés, A. (2020). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS EN VÍAS URBANAS CON APLICACIÓN EN MUNICIPIOS CON POBLACIONES MENORES A 50 000 HABITANTES*. UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SECCIONAL TUNJA.

- Jairo, J., Duque, A., Jimenez-Cleves, G., & Garzón, J. (2018). *Topografía aplicada*.
<https://www.researchgate.net/publication/334413486>
- Loachamín, L. (2022). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA VÍA QUITO LOMA DE LA COMUNIDAD DE SAN FRANCISCO DE OYACOTO, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA*.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, & Cámara de la Industria de la Construcción. (2014). *NEC NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN - GEOTÉCNIA Y CIMENTACIONES*.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS. (2013). *NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES (NEVI-12, Vol. 2)*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS-SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*. www.construccion.org
- Moscoso, B., Perez, S., & Suarez, A. (2022). *PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO VIAL TERCIARIO DEL K0+000 AL K0+577,031 LOCALIZADO EN LA VEREDA CALAMBEO, EN EL CORREGIMIENTO 10 DEL MUNICIPIO DE IBAGUÉ, DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, CON INCLUSIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIALES*.
- Nazif, J. I. (2011). *Guía práctica para el diseño e implementación de políticas de seguridad vial integrales, considerando el rol de la infraestructura*.
- Padilla, J., & Escalante, L. (2024). *Diseño de la infraestructura vial en la intersección Av. Prolongación Huaylas con Av. Ariosto Matellini, Chorrillos - Lima, para reducir los conflictos vehiculares*.

- Palomino, A. (2022). *ANALISIS DEL IMPACTO VIAL GENERADO POR EL DISEÑO GEOMETRICO DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA AV. EL SOL, COMO EJE PREFERENTEMENTE PEATONAL Y CICLISTA, PROVINCIA DEL CUSCO.*
- Ramos, L., & Sarango, M. (2023). *PROPUESTA DE MEJORAMIENTO VIAL DE LA CALLE PRINCIPAL "SUBIDA AL BELÉN" DE LONGITUD 2.9 KM, SECTOR EL BELÉN, UBICADO EN LA PARROQUIA RURAL TAMBILLO, CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA.*
- Rojas, H., & Sierra, C. (2019). *IMPORTANCIA DEL FACTOR SOCIAL PARA LA PLANEACIÓN DE CARRETERAS, BASADO EN 5 CASOS REPRESENTATIVOS EN ZONAS RURALES DE COLOMBIA.*
- T.A.M.S. – ASTEC. (2003). *NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS.*

12. Anexos fotográficos

Tabla 34

Contenido de humedad Calicata#1

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
M. Muestra Húmeda + Recipiente:	3329,90
M. Muestra. Seca + Recipiente:	3221,09
M. Recipiente:	419,40
Total Material:	2801,69
Fondo:	363,20
Humedad Natural:	3,88%

Nota. Fuente: Autor

Tabla 35

Calculo Granulométrico calicata#1

TAMIZ #	MASA RETENIDA	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE
4"	0,00	0,00%	0,00%	100%
3"	0,00	0,00%	0,00%	100%
2 1/2"	0,00	0,00%	0,00%	100%
2"	0,00	0,00%	0,00%	100%
1 1/2"	102,80	3,67%	3,67%	96,33%
1"	120,10	4,29%	7,96%	92,04%
3/4"	115,30	4,12%	12,07%	87,93%
1/2"	102,30	3,65%	15,72%	84,28%
3/8"	110,25	3,94%	19,66%	80,34%
No.4	110,30	3,94%	23,59%	76,41%
No.8	150,24	5,36%	28,96%	71,04%
No.10	146,90	5,24%	34,20%	65,80%
No.12	135,00	4,82%	39,02%	60,98%
No.20	144,00	5,14%	44,16%	55,84%
No.30	180,30	6,44%	50,59%	49,41%
No.40	120,50	4,30%	54,90%	45,10%
No.50	174,50	6,23%	61,12%	38,88%
No.80	220,25	7,86%	68,98%	31,02%
No.100	105,50	3,77%	72,75%	27,25%
No.200	400,25	14,29%	87,04%	12,96%
Fondo	363,20	12,96%	100,00%	0,00%
TOTAL	2801,69	100%		
GRAVA	23,59	ARENA	63,44	FINO 12,96

Nota. Fuente: Autor

Tabla 36*Contenido de humedad calicata#2*

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
M. Muestra Humeda + Recipiente:	3478,20
M. Muestra. Seca + Recipiente:	3315,30
M. Recipiente:	430,30
Total Material:	2885,00
Fondo:	365,80
Humedad Natural:	5,65%

*Nota. Fuente: Autor***Tabla 37***Cálculo granulométrico Calicata#2*

TAMIZ #	MASA RETENIDA	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASANTE
4"	0,00	0,00%	0,00%	100,00
3"	0,00	0,00%	0,00%	100,00
2 1/2"	0,00	0,00%	0,00%	100,00
2"	0,00	0,00%	0,00%	100,00
1 1/2"	0,00	0,00%	0,00%	100,00
1"	0,00	0,00%	0,00%	100,00
3/4"	42,70	1,48%	1,48%	99,99
1/2"	151,80	5,26%	6,74%	99,93
3/8"	172,10	5,97%	12,71%	99,87
No.4	156,60	5,43%	18,14%	99,82
No.8	190,60	6,61%	24,74%	99,75
No.10	189,00	6,55%	31,29%	99,69
No.12	156,50	5,42%	36,72%	99,63
No.20	143,70	4,98%	41,70%	99,58
No.30	108,40	3,76%	45,46%	99,55
No.40	150,20	5,21%	50,66%	99,49
No.50	211,90	7,34%	58,01%	99,42
No.80	359,00	12,44%	70,45%	99,30
No.100	136,00	4,71%	75,16%	99,25
No.200	350,70	12,16%	87,32%	99,13
Fondo	365,80	12,68%	100,00%	-
TOTAL	2885,00	100%		

GRAVA	18,14	ARENA	69,19	FINO	12,68
-------	-------	-------	-------	------	-------

Nota. Fuente: Autor

Ilustración 10:

Limites líquido y plástico calicata #1

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)

Límite Líquido [%]:	---
Límite Plástico [%]:	---
Índice Plástico [%]:	N.P
SUCs	SM
AASHTO	A-1-b

Fuente: Autor

Ilustración 11

Limite líquido y plástico calicata#2

LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D4318)

Límite Líquido [%]:	---
Límite Plástico [%]:	---
Índice Plástico [%]:	N.P
SUCs	SM
AASHTO	A-1-b

Fuente: autor

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

Tabla 38

Resultados del ensayo- calicata #1

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
Peso molde+Muestra Húmeda(gr)	5561,00	5610,00	5772,00	5725,00	5645,00
Peso del Molde (gr)	3517,00	3517,00	3517,00	3517,00	3517,00
Peso Muestra Húmeda (gr)	2044,00	2093,00	2255,00	2208,00	2128,00
Volúmen del molde (cc)	946,12	946,12	946,12	946,12	946,12
Densidad húmeda (gr/cc)	2,16	2,21	2,38	2,33	2,25

Número de Tara	M-1	M-21	M-3	M-4	M-5
Peso húmedo + Tara (gr)	55,10	50,10	68,50	75,30	84,20
Peso Seco + Tara (gr)	53,10	48,10	64,10	68,80	75,10
Peso Agua (gr)	2,00	2,00	4,40	6,50	9,10
Peso Tara (gr)	14,70	13,80	14,20	14,00	14,30
Peso Muestra Seca (gr)	38,40	34,30	49,90	54,80	60,80
Contenido de Humedad %	5,21	5,83	8,82	11,86	14,97
Densidad Seca (gr/cc)	2,05	2,09	2,19	2,09	1,96

DENSIDAD SECA MAXIMA	2,19	gr/cc
	2190	kg/m3

HUMEDAD OPTIMA	8,82
-----------------------	------

Ilustración 12

Gráfica curva compactación- Calicata#1



Tabla 39

Resultados del ensayo- calicata #2

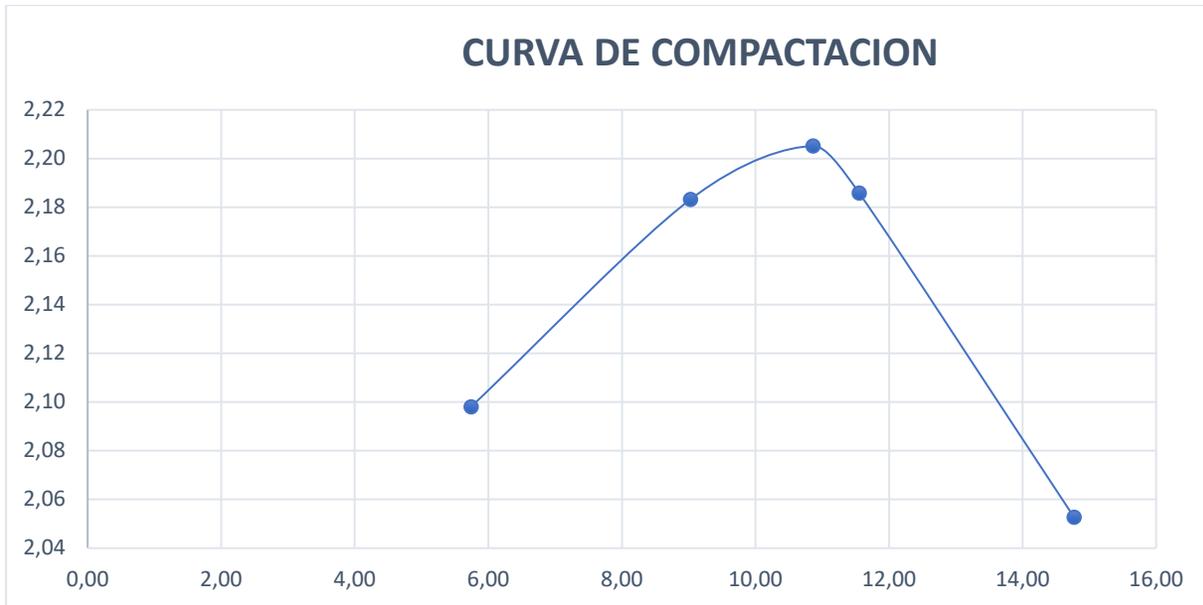
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
Peso molde+Muestra Húmeda(gr)	5612,00	5765,00	5826,00	5820,00	5742,00
Peso del Molde (gr)	3513,00	3513,00	3513,00	3513,00	3513,00
Peso Muestra Húmeda (gr)	2099,00	2252,00	2313,00	2307,00	2229,00
Volúmen del molde (cc)	946,12	946,12	946,12	946,12	946,12
Densidad húmeda (gr/cc)	2,22	2,38	2,44	2,44	2,36

Número de Tara	M-1	M-21	M-3	M-4	M-5
Peso húmedo + Tara (gr)	58,30	43,70	49,00	44,70	61,30
Peso Seco + Tara (gr)	55,90	41,20	45,60	41,50	55,20
Peso Agua (gr)	2,40	2,50	3,40	3,20	6,10
Peso Tara (gr)	14,10	13,50	14,30	13,80	13,90
Peso Muestra Seca (gr)	41,80	27,70	31,30	27,70	41,30
Contenido de Humedad %	5,74	9,03	10,86	11,55	14,77
Densidad Seca (gr/cc)	2,10	2,18	2,21	2,19	2,05

DENSIDAD SECA MAXIMA	2,21	gr/cc
	2210	kg/m3
HUMEDAD OPTIMA	10,86	

Ilustración 13

Grafica curva compactación- calicata #2



ENSAYO CBR

Tabla 40

Resultados del ensayo CBR- calicata #1

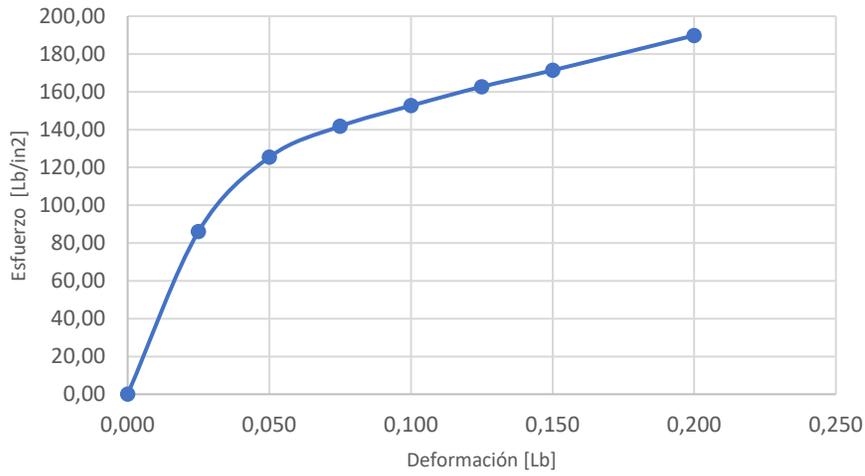
DATOS INICIALES		
peso de la muestra	5000	
Diámetro del molde	15,24 cm	0,1524 m
Altura del molde	17,78 cm	0,1778 m
volumen del molde (m3)	3243,333232 cm3	0,003243333 m3
HUMEDAD INICIAL		
Lata N°	1	
Lata	14,7	
Lata + suelo humedo	55,1	
Lata + suelo seco	53,1	
Peso del agua	2	
% humedad inicial	5,21	

PESO DEL AGUA REQUERIDO	
% humedad optima	8,82 %
% humedad inicial	5,21 %
% humedad requerida	3,61 %
Peso del agua requerido	180,58 G

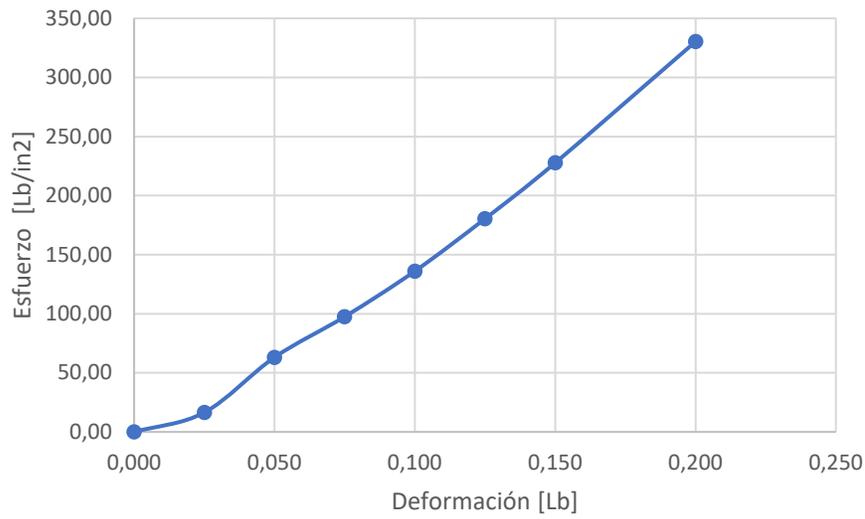
CBR						K = 3	
Penetración en pulgadas	Carga Estándar (Lb/in)	Molde 1		Molde 2		Molde3	
		Carga de prueba		Carga de prueba		Carga de prueba	
		Lectura	Lb/in2	Lectura	Lb/in2	Lectura	Lb/in2
0,000		0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00
0,025		258,16	86,05	49,30	16,43	255,10	85,03
0,050		376,14	125,38	189,27	63,09	358,90	119,63
0,075		425,35	141,78	292,46	97,49	516,75	172,25
0,100	1,000	457,96	152,65	408,07	136,02	643,37	214,46
0,125		488,10	162,70	541,20	180,40	746,51	248,84
0,150		514,13	171,38	683,05	227,68	817,63	272,54
0,200	1,500	569,44	189,81	990,86	330,29	814,70	271,57

CBR CORREGIDO							
Penetración	Carga	Molde	1	Molde	2	Molde	3
in	Estándar	Lb/in	%	Lb/in	%	Lb/in	%
0,1	1000	152,65	15,27	136,02	13,60	214,46	21,44566667
0,2	1500	189,81	12,65	330,29	22,02	271,57	18,10
PROMEDIO - CBR			13,96		17,81		19,78

Esfuerzo Deformación muestra I



Esfuerzo Deformación muestra II



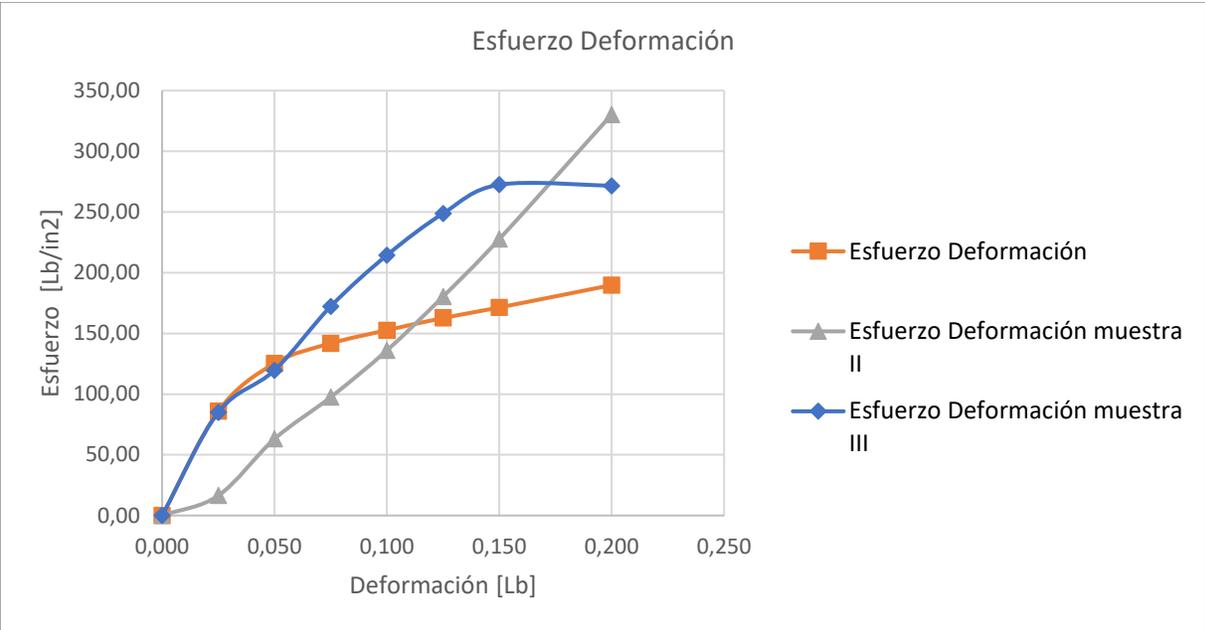
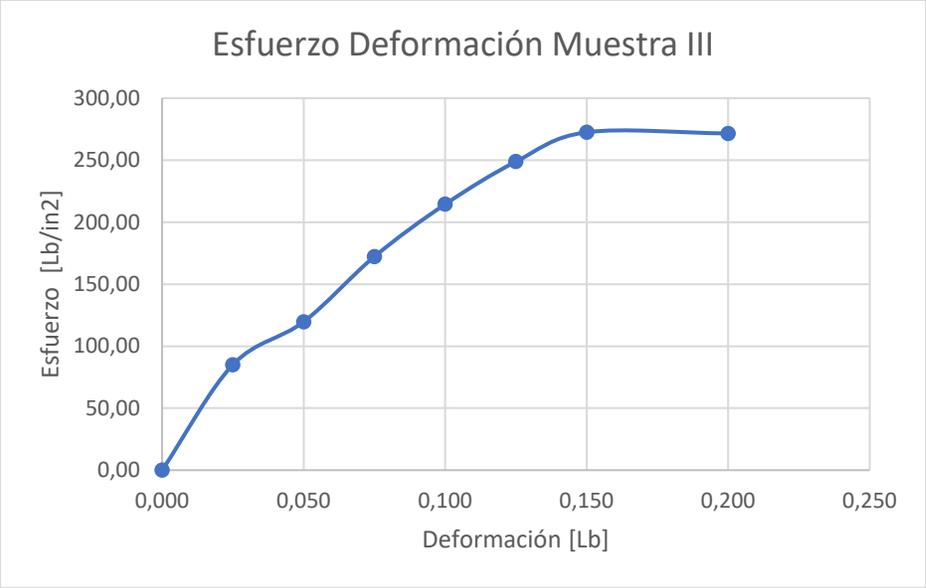


Tabla 41*Resultados de densidad seca y humedad optima calicata #1*

DENSIDAD SECA Y HUMEDAD OPTIMA			
Molde N°	1	2	3
N° Capas	5	5	5
N°Golpes / Capa	10	25	56
Condiciones de muestra (%H)	8,82	8,82	8,82
Peso de suelo humedo + molde (kg)	14,90	15,47	15,87
Peso del molde (kg)	7,93	7,90	8,00
Peso de suelo humedo (kg)	6,97	7,57	7,87
volumen del suelo (m3)	0,003243333	0,003243333	0,003243333
Densidad humeda (kg/m3)	2150,26	2335,25	2426,52
Lata N°	1	2	3
Peso de la lata (g)	13,7	14,2	14,1
Peso de la lata + suelo Humedo (g)	55,59	59,35	60,13
Peso de la lata + suelo seco (g)	53,35	55,9	57,8
Peso del agua (g)	2,24	3,45	2,33
Peso de suelo seco (g)	39,65	41,7	43,7
% HUMEDAD	5,65	8,27	5,33
DENSIDAD SECA (KG/M3)	2035,28	2156,81	2303,69
CBR	13,96	17,81	19,78

CBR al 100% compactación	17,71
CBR al 95% compactación C1	15,37

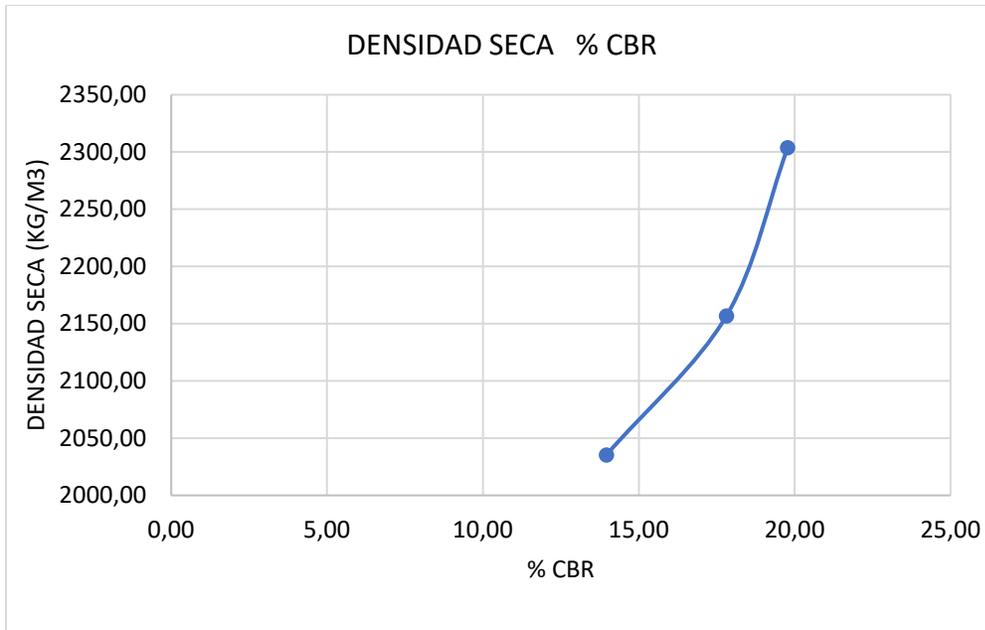


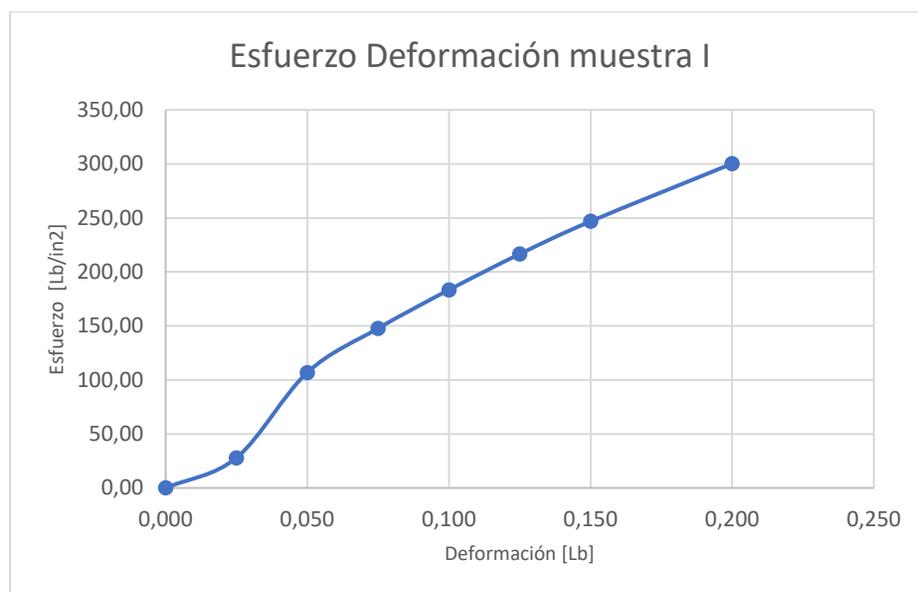
Tabla 42

Resultados del ensayo CBR- calicata #2

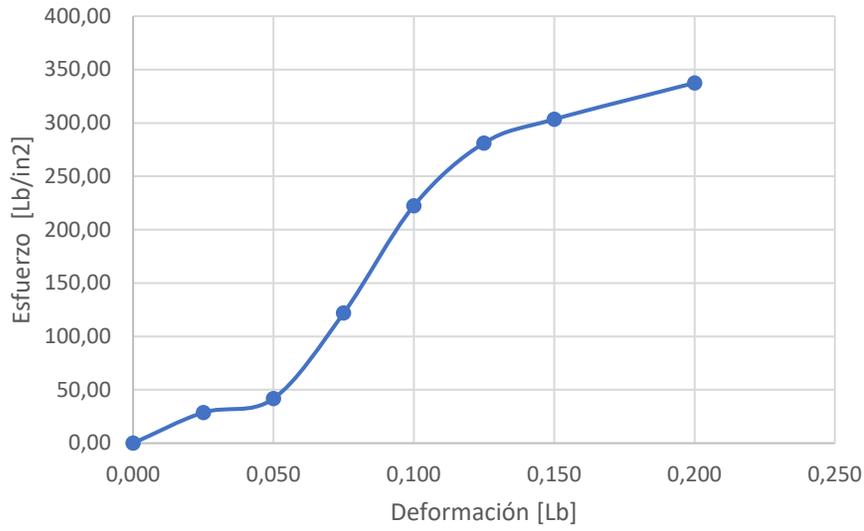
DATOS INICIALES			
peso de la muestra	5000		
Diámetro del molde	15,24	Cm	0,1524 m
Altura del molde	17,78	cm	0,1778 m
volumen del molde (m3)	3243,333232	cm3	0,003243333 m3
HUMEDAD INICIAL			
Lata N°	1		
Lata	14,1	g	
Lata + suelo humedo	58,3	g	
Lata + suelo seco	55,9	g	
Peso del agua	2,4	g	
% humedad inicial	5,74	%	
PESO DEL AGUA REQUERIDO			
% humedad optima	8,82	%	
% humedad inicial	5,74	%	
% humedad requerida	3,08	%	
Peso del agua requerido	153,92	%	

		CBR				K = 3	
Penetración en pulgadas	Carga Estándar (Lb/in)	Molde 1		Molde 2		Molde3	
		Carga de prueba		Carga de prueba		Carga de prueba	
		Lectura	Lb/in2	Lectura	Lb/in2	Lectura	Lb/in2
0,000		0,00	0,00	0,00	0,00	0	0,00
0,025		83,84	27,95	86,20	28,73	96,91	32,30
0,050		320,59	106,86	125,28	41,76	193,96	64,65
0,075		443,20	147,73	365,50	121,83	449,41	149,80
0,100	1,000	550,11	183,37	667,22	222,41	540,48	180,16
0,125		649,76	216,59	843,52	281,17	786,23	262,08
0,150		740,42	246,81	910,34	303,45	937,36	312,45
0,200	1,500	900,75	300,25	1012,49	337,50	1287,11	429,04

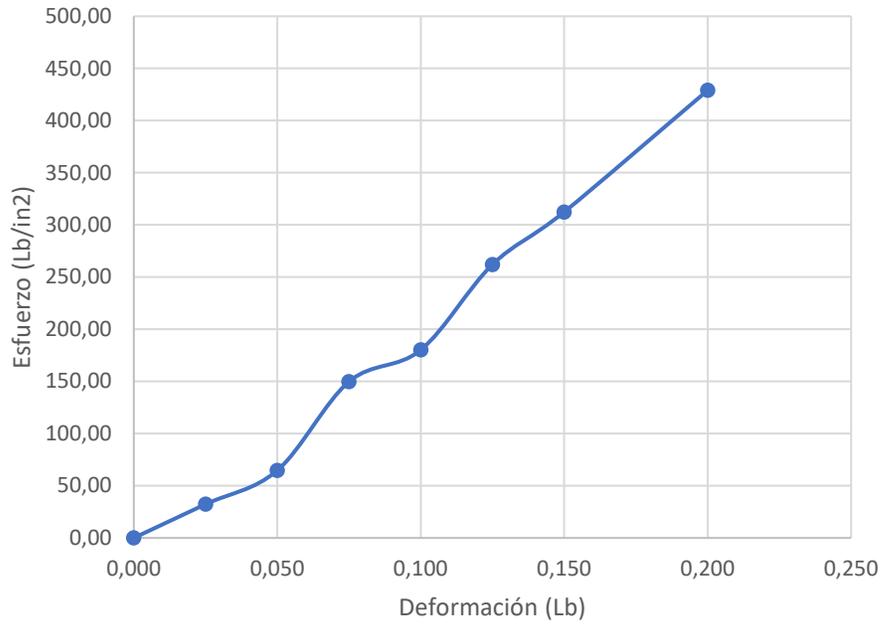
CBR CORREGIDO							
Penetración In	Carga Estándar	Molde Lb/in	1 %	Molde Lb/in	2 %	Molde Lb/in	3 %
0,1	1000	183,37	18,34	222,41	22,24	180,16	18,02
0,2	1500	300,25	20,02	337,50	22,50	429,04	28,60
PROMEDIO - CBR			19,18		22,37		23,31



Esfuerzo deformación muestra II



Esfuerzo deformación muestra III



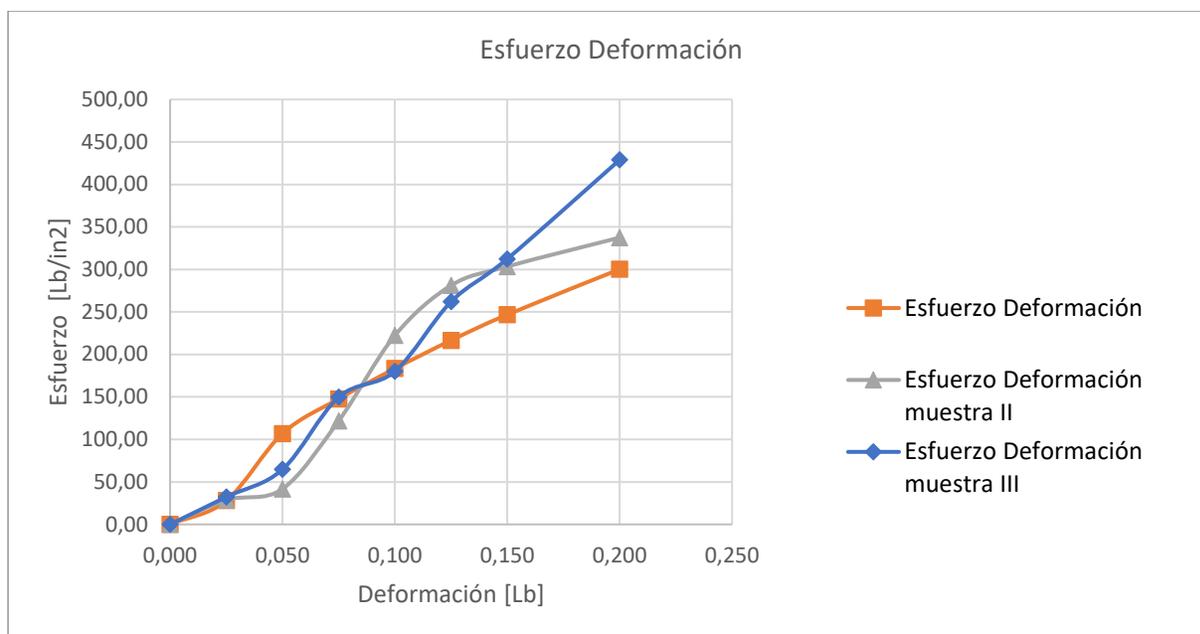


Tabla 43

Resultados de densidad seca y humedad optima calicata #2

DENSIDAD SECA Y HUMEDA OPTIMA			
Molde N°	1	2	3
N° Capas	5	5	5
N°Golpes / Capa	10	25	56
Condiciones de muestra (%H)	8,82	8,82	8,82
Peso de suelo humedo + molde (kg)	14,17	14,90	15,56
Peso del molde (kg)	7,93	7,90	8,00
Peso de suelo humedo (kg)	6,24	7,00	7,56
volumen del suelo (m3)	0,003243333	0,003243333	0,003243333
Densidad humeda (kg/m3)	1925,18	2159,51	2330,94
Lata N°	1	2	3
Peso de la lata (g)	14,2	14,1	13,6
Peso de la lata + suelo Humedo (g)	60,7	56,48	69,7
Peso de la lata + suelo seco (g)	55,1	52,3	65,4
Peso del agua (g)	5,6	4,18	4,3
Peso de suelo seco (g)	40,9	38,2	51,8
% HUMEDAD	13,69	10,94	8,30
DENSIDAD SECA (KG/M3)	1693,33	1946,51	2152,27
CBR	19,18	22,37	23,31

CBR al 100% compactación	24,17
CBR al 95% compactación	23,16

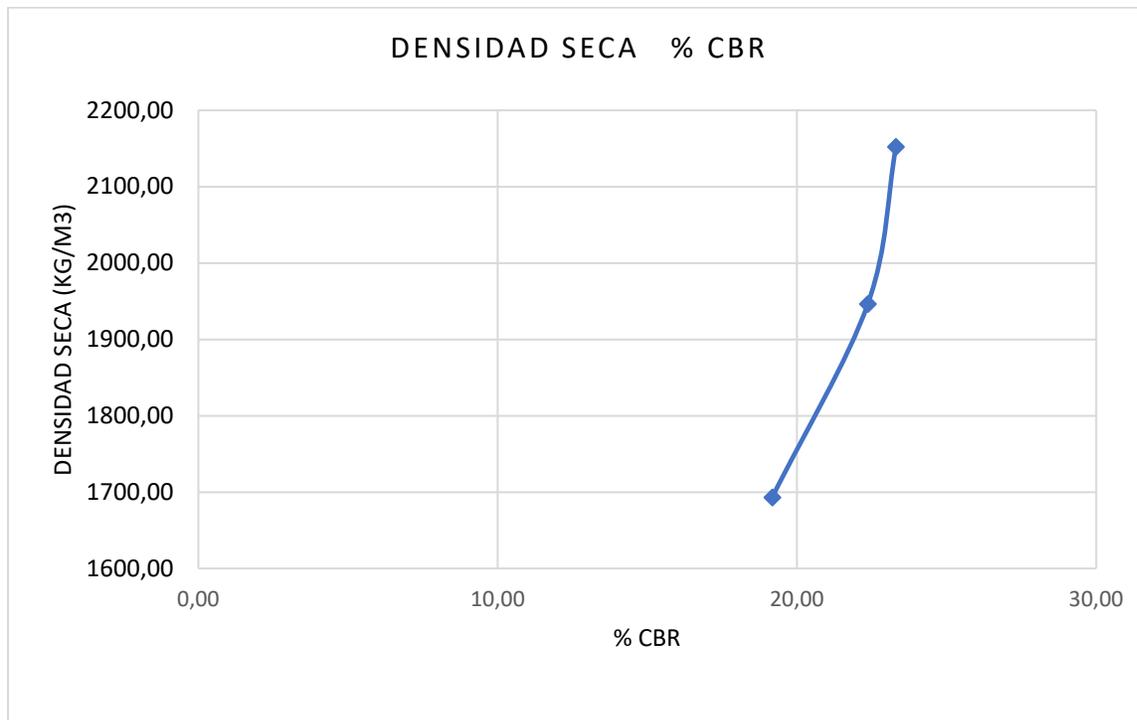


Ilustración 14 Medición de profundidad de calicata



Fuente: Autor

Ilustración 15 Pesaje de calicata 1



Fuente: Autor

Ilustración 16 Pesaje de calicata 2



Fuente: Autor

Ilustración 17 Esparciendo muestra



Fuente: Autor

Ilustración 18 Dividiendo la muestra



Fuente: Autor

Ilustración 19 Muestra



Fuente: Autor

Ilustración 20 Muestras en el horno



Fuente: Autor

Ilustración 21 Tamices a utilizar



Fuente: Autor

Ilustración 22 Preparación de la muestra para el pesaje



Fuente: Autor

Ilustración 23 Preparación de la segunda muestra para pesaje



Fuente: Autor

Ilustración 24 Uso martillo para compactación



Fuente: Autor

Ilustración 25 Medición de hinchamiento



Fuente: Autor

Ilustración 26 Ensayo con maquina CBR



Fuente: Autor

Ilustración 27 Marcación de puntos



Fuente: Autor

Ilustración 28 Calibración de la estación



Fuente: Autor

Ilustración 29 Levantamiento topográfico



Fuente: Autor

Ilustración 30:
Informe de volumen de diseño

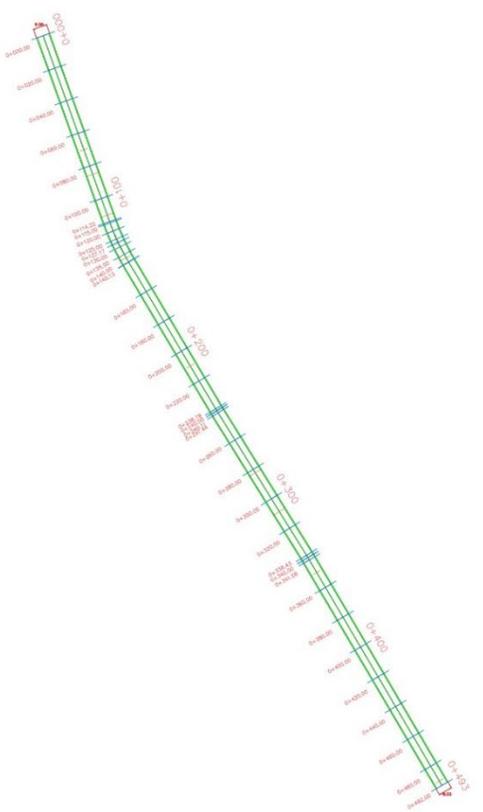
Informe de volumen

Proyecto: D:\JOHANNA\July\SVO
SEMESTRE (TESIS ANTEPROYECTO) avances\autocad\SIMULADO 3.dwg

Código de: Ejecución (1)
Grupo de líneas de muestra: PROGRAM
PK (Inicio): 0+000.000
PK (Final): 0+492.871

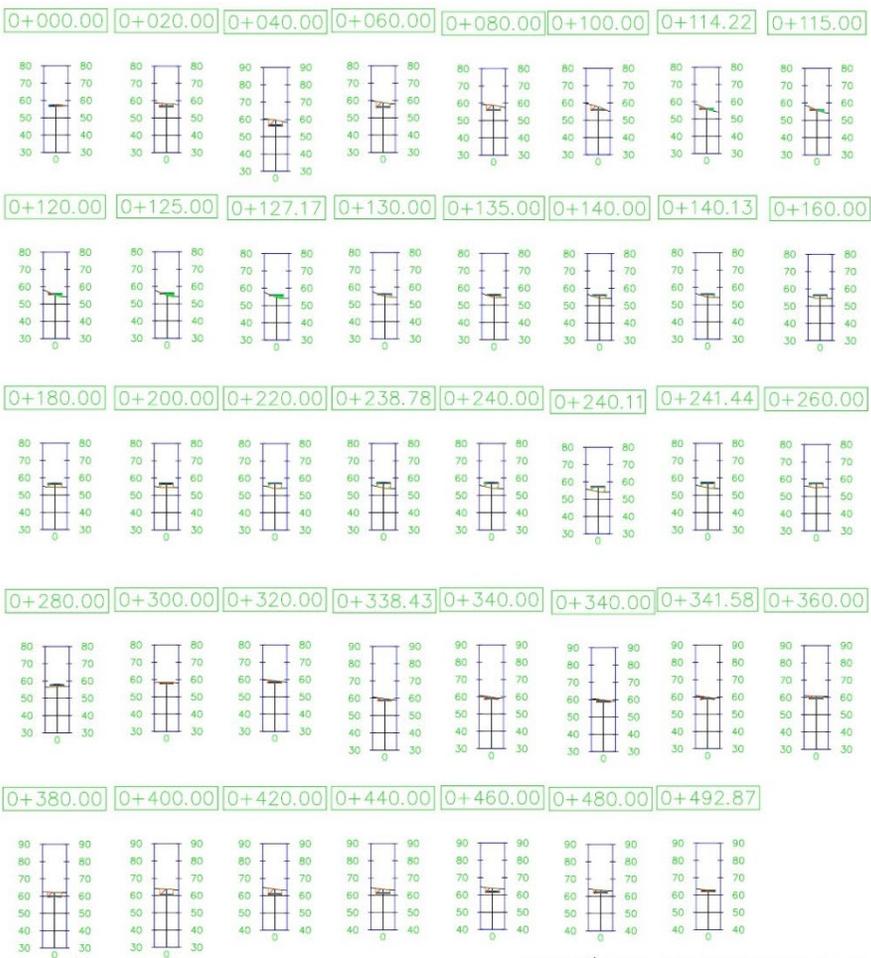
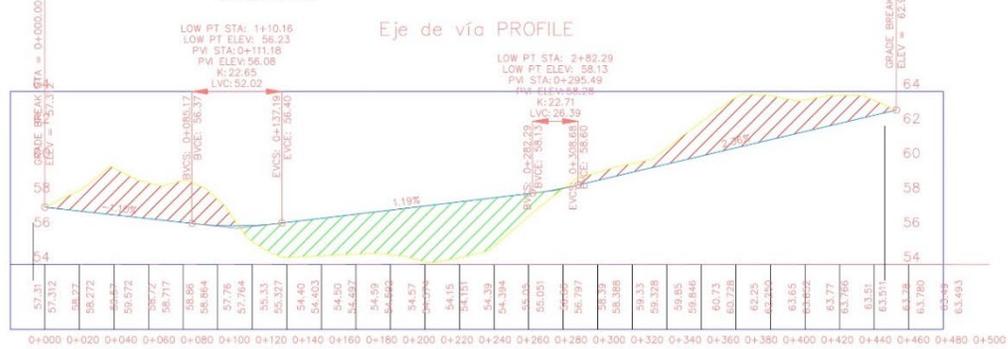
P.K.	Área de desmonte (metros cuadrados)	Volumen de desmonte (metros cúbicos)	Volumen reutilizable (metros cúbicos)	Área de terraplén (metros cuadrados)	Volumen de terraplén (metros cúbicos)	Vol. desmonte acumul. (metros cúbicos)	Vol. reutilizable acumul. (metros cúbicos)	Vol. terraplén acumul. (metros cúbicos)	Vol. neto acumul. (pies cúbicos)
0+000.000	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	15.07	175.98	175.98	0.00	0.00	175.98	175.98	0.00	175.98
0+040.000	21.99	420.67	420.67	0.00	0.00	596.65	596.65	0.00	596.65
0+060.000	22.31	482.05	482.05	0.00	0.00	1078.70	1078.70	0.00	1078.70
0+080.000	29.20	465.01	465.11	0.00	0.00	1543.81	1543.81	0.00	1543.81
0+100.000	17.20	415.93	415.93	0.00	0.00	1959.74	1959.74	0.00	1959.74
0+104.221	5.41	161.47	161.47	1.35	0.57	2121.21	2121.21	0.57	2121.64
0+110.000	4.91	4.82	4.82	1.35	1.13	2126.33	2126.33	1.70	2124.53
0+120.000	2.23	17.74	17.74	3.23	12.17	2152.67	2152.67	22.87	2150.10
0+125.000	0.88	7.83	7.83	4.80	20.55	2160.80	2160.80	43.23	2117.57
0+127.174	0.47	1.47	1.47	5.47	11.06	2162.27	2162.27	54.39	2107.88
0+130.000	0.19	0.22	0.22	6.17	16.64	2163.19	2163.19	70.03	2092.16
0+135.000	0.00	0.43	0.43	7.44	34.32	2163.67	2163.67	105.34	2058.32
0+140.000	0.00	0.81	0.81	8.95	40.20	2163.68	2163.68	145.55	2018.13
0+140.127	0.00	0.00	0.00	8.57	1.68	2163.68	2163.68	146.63	2017.05
0+150.000	0.00	0.00	0.00	11.39	196.50	2163.68	2163.68	344.93	1818.75
0+160.000	0.00	0.00	0.00	12.83	242.17	2163.68	2163.68	587.11	1576.57
0+200.000	0.00	0.00	0.00	14.79	276.25	2163.68	2163.68	863.36	1300.32
0+220.000	0.00	0.00	0.00	18.25	380.42	2163.68	2163.68	1193.78	869.50
0+230.776	0.00	0.00	0.00	19.83	357.51	2163.68	2163.68	1450.28	512.40
0+240.000	0.00	0.00	0.00	19.81	24.25	2163.68	2163.68	1575.54	588.14
0+240.106	0.00	0.00	0.00	19.81	2.10	2163.68	2163.68	1577.65	586.03
0+241.438	0.00	0.00	0.00	19.76	26.51	2163.68	2163.68	1603.96	559.72
0+250.000	0.00	0.00	0.00	15.52	327.59	2163.68	2163.68	1931.35	232.33
0+260.000	0.00	0.00	0.00	4.88	201.75	2163.68	2163.68	2133.09	28.59
0+260.000	5.24	53.43	53.43	0.00	46.59	2217.11	2217.11	2183.68	53.43
0+320.000	0.41	147.43	147.43	0.00	0.00	2364.60	2364.60	2183.68	180.91
0+330.430	0.82	177.14	177.14	0.00	0.00	2541.74	2541.74	2183.68	358.05
0+340.000	0.80	15.40	15.40	0.00	0.00	2557.13	2557.13	2183.68	373.45
0+340.000	0.80	0.04	0.04	0.00	0.00	2557.17	2557.17	2183.68	373.46
0+341.577	0.75	15.38	15.38	0.00	0.00	2572.55	2572.55	2183.68	388.86
0+360.000	13.07	210.18	210.18	0.00	0.00	2782.73	2782.73	2183.68	599.04
0+380.000	21.47	345.33	345.33	0.00	0.00	3128.11	3128.11	2183.68	944.43
0+400.000	28.80	502.72	502.72	0.00	0.00	3630.83	3630.83	2183.68	1447.15
0+420.000	25.97	547.73	547.73	0.00	0.00	4178.56	4178.56	2183.68	1894.88
0+440.000	20.29	463.33	463.33	0.00	0.00	4642.19	4642.19	2183.68	2458.51
0+460.000	18.97	383.33	383.33	0.00	0.00	5035.79	5035.79	2183.68	2852.10
0+480.000	12.83	315.96	315.96	0.00	0.00	5351.75	5351.75	2183.68	3168.06
0+492.871	4.88	113.23	113.23	0.00	0.00	5465.03	5465.03	2183.68	3281.95

Nota. Elaborado por Civil3D. Fuente: Autor.

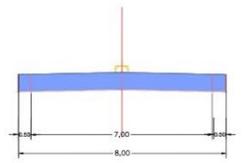


ESCALA 1:1500

PERFIL LONGITUDINAL
ESCALA 1:1500



SECCIONES TRANSVERSALES
ESCALA 1:1500



SECCIÓN TÍPICA
ESCALA 1:10

SIMBOLOGÍA:

- ENSEMBLAGE
- ELEVACIÓN
- RASANTE
- CARRIL
- CORREDOR
- ABSCISA

TOTAL VOLUME TABLE

Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	15.00	0.00	15.00	0.00	15.00	0.00
0+040.00	0.00	26.99	0.00	26.99	0.00	26.99
0+060.00	0.00	25.00	0.00	25.00	0.00	51.99
0+080.00	0.00	24.93	0.00	24.93	0.00	76.92
0+100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	101.85
0+120.00	0.00	17.30	0.00	17.30	0.00	119.15
0+140.00	1.96	4.41	6.47	16.23	8.47	135.38
0+160.00	1.96	4.41	6.47	4.00	10.70	146.08
0+180.00	2.83	2.52	15.17	17.74	22.87	163.82
0+200.00	4.80	0.88	20.36	7.83	43.23	171.65
0+220.00	6.17	0.19	18.84	0.39	62.07	172.04
0+240.00	7.44	0.00	30.32	0.48	92.39	172.52
0+260.00	8.55	0.00	45.20	0.00	137.59	172.52
0+280.00	11.39	0.00	168.50	0.00	306.09	172.52
0+300.00	18.23	0.00	330.24	0.00	636.33	172.52
0+320.00	14.79	0.00	242.74	0.00	879.07	172.52
0+340.00	19.23	0.00	309.27	0.00	1188.34	172.52
0+360.00	19.81	0.00	323.35	0.00	1511.69	172.52
0+380.00	17.71	0.00	281.11	0.00	1792.80	172.52
0+400.00	19.76	0.00	29.71	0.00	1822.51	172.52
0+420.00	19.57	0.00	321.89	0.00	2144.40	172.52
0+440.00	4.86	3.00	203.75	0.00	2348.15	175.52
0+460.00	5.00	5.54	65.89	53.03	2414.04	228.55
0+480.00	0.00	9.11	0.00	147.49	2414.04	376.04
0+500.00	0.00	9.84	0.00	137.25	2414.04	513.29
0+520.00	0.00	8.80	0.00	15.40	2414.04	528.69
0+540.00	0.00	9.86	0.00	12.04	2414.04	540.73
0+560.00	0.00	3.75	0.00	15.88	2414.04	556.61
0+580.00	0.00	1.97	0.00	220.38	2414.04	776.99
0+600.00	0.00	11.47	0.00	96.36	2414.04	873.35
0+620.00	0.00	28.89	0.00	500.77	2414.04	1374.12
0+640.00	0.00	25.37	0.00	547.73	2414.04	1921.85
0+660.00	0.00	25.39	0.00	403.63	2414.04	2325.48
0+680.00	0.00	18.57	0.00	59.66	2414.04	2385.14
0+700.00	0.00	12.93	0.00	315.98	2414.04	2701.12
0+720.00	0.00	4.88	0.00	133.28	2414.04	2834.40



TÍTULO:
DISEÑO DE LA VÍA LATERAL DESDE LA CALLE
SUCRE HASTA LA CALLE FELIX SARMIENTO DEL
CANTÓN DE SANTA ELENA

AUTOR:
JULIANA DEL PEZO.

FECHA:
ENERO 2025

UBICACIÓN:
PROVINCIA: SANTA ELENA
CANTÓN: SANTA ELENA
VIA LATERAL DESDE LA CALLE SUCRE
HASTA LA CALLE FELIX SARMIENTO
DEL CANTÓN DE SANTA ELENA

COORDENADAS
ESTE: 516098.41
NORTE: 975481.17

ESCALA:
INDICADA

CONTIENE:
PERFIL LONGITUDINAL
SECCIÓN TÍPICA
SECCIÓN TRANSVERSAL

LAMINA:
A-01