



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO VIAL DE LA ABSCISA 1+100 A LA ABSCISA 2+400 DEL
INGRESO ALBARRIO “SANTO DOMINGO”, PARROQUIA DE
CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA**

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

AUTOR: Jefferson Sidney Guanopatin Celi

TUTOR: Hugo Patricio Carrión Latorre

Quito - Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jefferson Cidney Guanopatin Celi con documento de identificación N° 1723459796 manifiesto que:

Soy el autor 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 parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 31 de enero del 2024

Atentamente,



Jefferson Cidney Guanopatin Celi

1723459796

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

Yo, Jefferson Cidney Guanopatin Celi con documento de identificación N° 1723459796, 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 soy autor del Proyecto Técnico: “Diseño vial de la abscisa 1+100 a la abscisa 2+400 del ingreso al barrio “Santo Domingo”, parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha”, 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.

Quito, 31 de enero del 2024

Atentamente,



Jefferson Cidney Guanopatin Celi

1723459796

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Hugo Patricio Carrión Latorre con documento de identificación N° 0603015728, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO VIAL DE LA ABSCISA 1+100 A LA ABSCISA 2+400 DEL INGRESO AL BARRIO “SANTO DOMINGO”, PARROQUIA DE CUTUGLAGUA, CANTÓN MEJÍA, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Jefferson Cidney Guanopatin Celi con documento de identificación N° 1723459796, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 31 de enero del 2024

Atentamente,



Ing. Hugo Patricio Carrión Latorre, MSc.

0603015728

DEDICATORIA

Queridos familiares, amigos y profesores,

Hoy es un día muy especial e importante para mí, ya que finalmente he alcanzado una meta más en mi vida: la culminación de mi trabajo de titulación.

No ha sido un camino fácil, pero gracias al apoyo de todas las personas que me rodean, he logrado superar los obstáculos y llegar hasta aquí. Por eso, quiero dedicar esta tesis a todos ustedes.

A mis padres, a mi hermana, a mi abuelita y a novia, por ser mi mayor fuente de inspiración y motivación, por su amor incondicional y por creer en mí en todo momento. A mis amigos, por brindarme su amistad, su compañía y su confianza. A mis profesores, por compartir su conocimiento y experiencia, y por ser un pilar fundamental en mi formación académica.

A todos ustedes les agradezco de corazón por estar siempre a mi lado, por haberme acompañado en cada paso de este camino y por hacer posible que hoy pueda sentirme orgulloso de mi trabajo. Esta tesis no solo es mía, sino también de todos aquellos que me han apoyado y han sido parte de mi formación como profesional.

¡Gracias por todo!

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar expresando mi profunda gratitud a mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo durante todo mi proceso de formación y desarrollo personal.

A mi padre y a mi madre quien han sido mi guía y mi ejemplo de perseverancia y sacrificio. Gracias por brindarme su amor incondicional, su comprensión y su apoyo emocional y financiero para que pudiera alcanzar esta meta.

A mi abuelita y a mi hermana, quien siempre me ha motivado a seguir adelante y me ha dado su sabio consejo en los momentos más difíciles. Gracias por su cariño y sus palabras de aliento, que han sido un bálsamo para mi alma.

A mis tíos y familia, quienes siempre me han brindado su respaldo en cada etapa de mi vida y me han enseñado el valor de la familia y la unión. Gracias por su presencia en mi vida y por ser un ejemplo de solidaridad y generosidad.

Este logro no habría sido posible sin su amor, su paciencia, su comprensión y su constante apoyo. Me siento bendecido de contar con su presencia en mi vida y les agradezco desde lo más profundo de mi corazón por ser mi inspiración y mi motivación para seguir adelante.

¡Gracias, familia, por todo su amor y su cariño! Este logro también es de ustedes.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----------|
| CAPÍTULO I | 1 |
| ANTECEDENTES Y GENERALIDADES | 1 |
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Problema de Estudio | 1 |
| 1.2.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2.2 Importancia y Alcance | 2 |
| 1.2.3 Delimitación..... | 2 |
| 1.3 Justificación | 4 |
| 1.4 Objetivos..... | 5 |
| 1.4.1 Objetivo General..... | 5 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos | 5 |
| | |
| CAPÍTULO II | 6 |
| MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1 Definición de Carretera..... | 6 |
| 2.2 Clasificación de las Carreteras | 6 |
| 2.2.1 Según su función | 6 |
| 2.2.2 Según el tipo de terreno | 7 |
| 2.3 Diseño de Carreteras | 8 |
| 2.3.1 Fase 1. Prefactibilidad..... | 8 |
| 2.3.2 Fase 2. Factibilidad | 9 |
| 2.3.3 Fase 3. Diseño Definitivo | 9 |
| 2.4 Diseño Geométrico Horizontal | 10 |
| 2.5 Tangentes | 10 |
| 2.6 Curvas Circulares..... | 10 |
| 2.6.1 Grado de curvatura..... | 11 |
| 2.6.2 Radio de curvatura | 11 |
| 2.7 El Sobreechanco en las Curvas..... | 11 |
| 2.8 Distancias de Visibilidad | 12 |
| 2.9 Diseño Geométrico Vertical | 12 |
| 2.10 Diseño Geométrico Transversal..... | 12 |
| 2.11 Elementos Geométricos que Integran la Sección Transversal..... | 13 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO III | 14 |
| METODOLOGÍA | 14 |
| 3.1 Tipos de Investigación | 14 |
| 3.2 Trabajo en Campo..... | 14 |
| 3.2.1 Trabajo de Gabinete | 14 |
| 3.3 Método | 15 |
| 3.4 Proceso Técnico de Ingeniería Civil | 15 |
| 3.4.1 Inspección visual técnica del sitio | 16 |
| 3.4.2 Identificación de posibles corredores | 16 |
| 3.4.3 Levantamiento topográfico | 16 |
| 3.4.4 Trabajo de gabinete | 17 |
| 3.5 Análisis de Resultados | 17 |
| 3.6 Presentación de Planos y Resultados | 17 |
| | |
| CAPÍTULO IV | 18 |
| DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN | 18 |
| 4.1 Trabajos de Campo | 18 |
| 4.1.1 Topografía..... | 18 |
| 4.1.2 Estudio de Tráfico..... | 21 |
| 4.1.3 Estación de conteo | 21 |
| 4.1.4 Tráfico Promedio Diario Anual TPDA..... | 24 |
| 4.1.5 Proyección del tráfico actual..... | 28 |
| 4.1.6 Velocidad de Diseño | 31 |
| 4.1.7 Determinación de la clase de vía acuerdo con el Tráfico | 31 |
| 4.1.8 Cálculo de ejes equivalentes (Método ASSHTO)..... | 32 |
| 4.2 Estudio Geológico y Geotecnia | 36 |
| 4.2.1 Localización del Proyecto..... | 36 |
| 4.2.2 Descripción Geológica de la zona de Estudio | 37 |
| 4.2.3 Propiedades Físicas de la Sub-rasante..... | 38 |
| 4.2.4 Propiedades mecánicas de la Sub-rasante | 44 |
| 4.2.5 Análisis de fuentes de material pétreo | 49 |
| 4.2.6 Clasificación de los materiales de las minas | 50 |
| 4.3 Diseño Geométrico de la Vía..... | 51 |
| 4.3.1 Características para la definición del trazado | 51 |
| 4.3.2 Alineamiento horizontal..... | 52 |
| 4.3.3 Alineamiento vertical | 56 |
| 4.3.4 Diseño trasversal | 57 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.5 <i>Movimiento de tierra</i> | 58 |
| 4.4 <i>Diseño Hidráulico</i> | 63 |
| 4.4.1 <i>Alcance</i> | 63 |
| 4.4.2 <i>Drenaje longitudinal</i> | 64 |
| 4.4.3 <i>Drenaje transversal</i> | 64 |
| 4.4.4 <i>Diseño de Obras de Drenaje</i> | 64 |
| 4.5 <i>Diseño de Pavimentos</i> | 75 |
| 4.5.1 <i>Pavimento Flexible</i> | 76 |
| 4.5.2 <i>Pavimento Articulado</i> | 86 |
| 4.6 <i>Señalización</i> | 89 |
| 4.6.1 <i>Señalización horizontal</i> | 89 |
| 4.6.2 <i>Señalización vertical</i> | 95 |
| 4.7 <i>Evaluación Ambiental</i> | 99 |
| 4.7.1 <i>Área de influencia socio económica</i> | 100 |
| 4.7.2 <i>Ubicación de escombrera</i> | 101 |
| 4.7.3 <i>Ubicación de mina</i> | 103 |
| 4.7.4 <i>Evaluación de Impactos Ambientales</i> | 106 |
| CAPÍTULO V | 109 |
| ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTO | 109 |
| 5.1 <i>Análisis de Precios Unitarios</i> | 109 |
| 5.2 <i>Presupuesto de Obra</i> | 109 |
| 5.3 <i>Cronograma Valorado de Ejecución</i> | 111 |
| 5.4 <i>Análisis Costo - Beneficio</i> | 111 |
| CONCLUSIONES | 125 |
| RECOMENDACIONES | 127 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Tipos de Terreno..... | 7 |
| Tabla 2 | Tipos de Terreno..... | 19 |
| Tabla 3 | Formulario para conteo vehicular..... | 22 |
| Tabla 4 | Conteo vehicular de la Estación de conteo..... | 23 |
| Tabla 5 | Datos de tráfico promedio diario horario | 25 |
| Tabla 6 | Datos de tráfico promedio diario semanal..... | 26 |
| Tabla 7 | Datos de tráfico promedio diario mensual..... | 27 |
| Tabla 8 | Datos de tráfico promedio diario anual | 27 |
| Tabla 9 | Porcentajes de crecimiento para los tipos de vehículos al 2035..... | 29 |
| Tabla 10 | Tasa de crecimiento 2021-2045..... | 29 |
| Tabla 11 | Tráfico Promedio Diario Anual futuro para 10 y 20 años..... | 29 |
| Tabla 12 | TPDA Diseño | 30 |
| Tabla 13 | Factores equivalentes de carga | 33 |
| Tabla 14 | Factor Carril..... | 34 |
| Tabla 15 | Factor Dirección | 35 |
| Tabla 16 | Cálculo ESAL's de diseño para 10 años | 35 |
| Tabla 17 | Cálculo ESAL's de diseño para 20 años | 36 |
| Tabla 18 | Coordenadas UTM del proyecto..... | 37 |
| Tabla 19 | Ubicación de las calicatas..... | 43 |
| Tabla 20 | Resumen ensayos Clasificación SUCS-AASHTO | 43 |
| Tabla 21 | Resultados de ensayos DCP – Calicata C1..... | 46 |
| Tabla 22 | Resultados de ensayos DCP – Calicata C2..... | 47 |
| Tabla 23 | Resultados de ensayos DCP – Calicata C3..... | 48 |
| Tabla 24 | Resultados CBR de las Calicatas..... | 49 |
| Tabla 25 | Velocidad de circulación | 52 |
| Tabla 26 | Volúmenes De Corte Y Relleno | 60 |
| Tabla 27 | Valores de precipitaciones de la Estación Izobamba..... | 66 |
| Tabla 28 | Ecuaciones para la Estación Izobamba..... | 67 |
| Tabla 29 | Coefficiente de Escorrentía..... | 69 |
| Tabla 30 | Ecuaciones para cálculo de la Intensidad | 70 |
| Tabla 31 | Período de retorno del proyecto vial para cunetas | 70 |
| Tabla 32 | Resumen del diseño hidráulico..... | 75 |
| Tabla 33 | Periodos de Diseño | 78 |
| Tabla 34 | Valores de Nivel de Confianza..... | 79 |

| | | |
|-----------------|--|-----|
| Tabla 35 | Valores de Desviación normal..... | 79 |
| Tabla 36 | Valores de desviación estándar..... | 80 |
| Tabla 37 | Serviciabilidad inicial, Po..... | 80 |
| Tabla 38 | Serviciabilidad final..... | 80 |
| Tabla 39 | Periodos de Diseño | 82 |
| Tabla 40 | Espesores, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes..... | 85 |
| Tabla 41 | Datos de diseño para determinar el espesor del pavimento articulado..... | 87 |
| Tabla 42 | Resumen de espesores aplicando los dos métodos..... | 89 |
| Tabla 43 | Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada. 91 | |
| Tabla 44 | Granulometría BASE CLASE II | 104 |
| Tabla 45 | Ensayo de Abrasión - Base Clase II | 105 |
| Tabla 46 | Granulometría SUB-BASE CLASE III M-1 | 105 |
| Tabla 47 | Ensayo de Abrasión - Sub-Base Clase III M-1..... | 106 |
| Tabla 48 | Plan de prevención y mitigación de impacto ambiental | 107 |
| Tabla 49 | Plan de manejo de desechos sólidos | 108 |
| Tabla 50 | Costo total anual de combustible..... | 112 |
| Tabla 51 | Costo total anual de combustible sin la implementación de la vía..... | 113 |
| Tabla 52 | Costo total anual de neumáticos con la implementación de la vía..... | 114 |
| Tabla 53 | Costo total anual de neumáticos sin la implementación de la vía | 114 |
| Tabla 54 | Costo total anual de amortiguadores con la implementación de la vía | 115 |
| Tabla 55 | Costo total de amortiguadores sin la implementación de la vía | 115 |
| Tabla 56 | Costo total anual del sistema de frenos con la implementación de la vía | 116 |
| Tabla 57 | Costo total anual del sistema de frenos sin la implementación de la vía..... | 116 |
| Tabla 58 | Costo total del cambio de aceite con la implementación de la vía | 117 |
| Tabla 59 | Costo total anual de cambio de aceite sin la implementación de la vía | 118 |
| Tabla 60 | Tiempo de ahorro en tiempo con la implementación de la vía..... | 119 |
| Tabla 61 | Ahorro monetario con la implementación de la vía | 119 |
| Tabla 62 | Costo de mantenimiento de la vía..... | 121 |
| Tabla 63 | Beneficios de los pobladores circundantes al proyecto | 121 |
| Tabla 64 | Calculo del VAN | 122 |
| Tabla 65 | Presentación de cálculos obtenidos del VAN y el TIR | 124 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------------------------|--|----------------|
| Figura 1 | Ubicación del proyecto | 318 |
| Figura 2 | Sección transversal típica mixta | 1328 |
| Figura 3 | Ubicación del cantón Mejía | 20 |
| Figura 4 | Ubicación de la parroquia de Cutuglagua..... | 20 |
| Figura 5 | Ubicación geográfica de la estación de conteo manual | 21 |
| Figura 6 | Fotografías en la estación de conteo vehicular | 22 |
| Figura 7 | Tráfico Promedio Diario del proyecto, Vía de ingreso al barrio “Santo Domingo” abscisa 1+100 - 2+400 | 23 |
| Figura 8 | Factor Mensual | 27 |
| Figura 9 | Porcentajes de crecimiento para los tipos de vehículos al 2035 | ¡Error! |
| Marcador no definido. | | |
| Figura 10 | Tasa de crecimiento 2021-2045..... | 32 |
| Figura 11 | Formulas Simplificadas para el Cálculo del Factor de Equivalencia de Carga | 33 |
| Figura 12 | Ubicación del proyecto | 36 |
| Figura 13 | Mapa geológico | 38 |
| Figura 14 | Grafico del equipo de ensayo DCP..... | 45 |
| Figura 15 | Grafica Penetración en función del número de golpes – Calicata C1 | 46 |
| Figura 16 | Grafica Penetración en función del número de golpes – Calicata C2 | 47 |
| Figura 17 | Grafica Penetración en función del número de golpes – Calicata C2 | 48 |
| Figura 18 | Ubicación de las canteras y mina. | 50 |
| Figura 19 | Elementos de la curva circular simple | 53 |
| Figura 20 | Radio mínimo de curvatura horizontal (R)..... | 56 |
| Figura 21 | Sección típica de la Calle..... | 57 |
| Figura 22 | Pendientes transversales de una calle | 58 |
| Figura 23 | Ruta entre el sitio del proyecto y la escombrera..... | 62 |
| Figura 24 | Curva de masas | 63 |
| Figura 25 | Estaciones del INAMHI | 65 |
| Figura 26 | Estación para nuestro proyecto | 65 |
| Figura 27 | Ecuaciones para la estación Izobamba | 66 |
| Figura 28 | Valores de Intensidad Máximas Estación Izobamba. | 68 |
| Figura 29 | Coefficiente de Manning "n" para las cunetas | 72 |
| Figura 30 | Velocidad del agua para cunetas..... | 72 |
| Figura 31 | Sección Transversal Típica..... | 73 |
| Figura 32 | Secciones cunetas típicas | 73 |
| Figura 33 | Secciones típicas de cunetas | 74 |
| Figura 34 | Variación en el coeficiente estructural de la capa de sub-base..... | 81 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| Figura 35 | Espesores mínimos en función del número estructural | 82 |
| Figura 36 | Obtención de coeficientes estructurales según la AASHTO. | 83 |
| Figura 37 | Coefficiente de drenaje para pavimentos flexibles | 84 |
| Figura 38 | Espesores definitivos para la estructura del pavimento | 86 |
| Figura 39 | Sección Transversal Pavimento semiflexible o articulado (Adoquín) | 87 |
| Figura 40 | Sección Transversal (Adoquín) | 88 |
| Figura 41 | Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta..... | 91 |
| Figura 42 | Doble Línea continua con ejemplo de tachas a 12,00 m. | 92 |
| Figura 43 | Secciones típicas de cunetas | 92 |
| Figura 44 | Línea de pare en intersección con señal vertical de pare. | 94 |
| Figura 45 | Línea “ceda el paso” en vía bidireccional..... | 94 |
| Figura 46 | Línea de detención. | 95 |
| Figura 47 | Área de influencia del proyecto | 100 |
| Figura 48 | Zonas y barrios influenciados por el proyecto..... | 100 |
| Figura 49 | Secciones típicas de cunetas | 101 |
| Figura 50 | Ubicaciones de las principales minas cercanas al proyecto | 103 |
| Figura 51 | Curva Granulométrica BASE CLASE II..... | 104 |
| Figura 52 | Curva Granulométrica SUB-BASE CLASE III M-1..... | 105 |

RESUMEN

El proyecto en curso abarca la construcción de una carretera de 1.300 kilómetros que proyecta conectar la vía de Los Arándanos con la escuela "Santo Domingo de Cutuglagua". Esta iniciativa traerá beneficios significativos a los residentes del barrio "Santo Domingo", ubicado en la parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, en la provincia de Pichincha. La mejora en las condiciones de acceso permitirá elevar la calidad de vida y fomentar un dinamismo económico adecuado en la comunidad en general.

El inicio del proyecto se marcó con estudios topográficos in situ, generando una nube de puntos con coordenadas y alturas precisas pues los equipos empleados correctamente calibrados y óptimas condiciones. Estos estudios fueron seguidos por un análisis del flujo vehicular actual y proyecciones a 10 y 20 años, lo que permitió diseñar la geometría de la carretera y así poder determinar las cargas a las que estará expuesta la estructura vial flexible a futuro.

Se llevaron a cabo análisis de muestras de suelos en el laboratorio de la UPS, sede Quito, para identificar el tipo de suelo y evaluar la calidad de la subrasante. Además, se realizaron estudios hidrológicos, hidráulicos y de señalización vial. Estos estudios proporcionaron datos esenciales para particularizar nuestra vía, incluyendo intensidades máximas para ciertos periodos, caudales de diseño para obras de drenaje, así como la implementación de señales preventivas, informativas y regulatorias para asegurar la seguridad de los actuales y futuros usuarios la vía Los Arándanos.

Finalmente, se llevó a cabo un exhaustivo estudio de impacto ambiental del proyecto vial. Esta evaluación abarcó impactos aspectos esenciales en la ejecución de la vía, así como factores bióticos como la flora y la fauna, utilizando la matriz de Leopold. Además, se realizó un análisis económico y financiero que permitió establecer la factibilidad de ejecución del proyecto mediante indicadores como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación beneficio-costos (B/C). Estos análisis holísticos garantizan la sostenibilidad y el éxito del proyecto en términos tanto de impacto ambiental como de viabilidad económica.

Palabras Clave: estudios topográficos, estructura vial, diseño geométrico, caudal de diseño, indicadores económicos.

ABSTRACT

The ongoing project includes the construction of a 1,300-kilometer highway that plans to connect the Los Arándanos road with the "Santo Domingo de Cutuglagua" school. This initiative will bring significant benefits to the residents of the "Santo Domingo" neighborhood, located in the parish of Cutuglagua, Mejía canton, in the province of Pichincha. Improving access conditions will improve the quality of life and promote adequate economic dynamism in the community in general.

The beginning of the project was marked with on-site topographic studies, generating a cloud of points with precise coordinates and heights since the equipment used was correctly calibrated and in optimal conditions. These studies were followed by an analysis of the current vehicle flow and projections for 10 and 20 years, which made it possible to design the geometry of the road and thus determine the loads to which the flexible road structure will be exposed in the future.

Analysis of soil samples was carried out at the UPS laboratory, Quito headquarters, to identify the type of soil and evaluate the quality of the subgrade. In addition, hydrological, hydraulic and road signage studies were carried out. These studies provided essential data to customize our road, including maximum intensities for certain periods, design flows for drainage works, as well as the implementation of preventive, informative and regulatory signs to ensure the safety of current and future users of the Los Arándanos road.

Finally, an exhaustive environmental impact study of the road project was carried out. This evaluation covered impacts on essential aspects in the execution of the road, as well as biotic factors such as flora and fauna, using the Leopold matrix. In addition, an economic and financial analysis was carried out that allowed establishing the feasibility of project execution through indicators such as the net present value (NPV), the internal rate of return (IRR) and the benefit-cost ratio (B/C). These holistic analyzes ensure the sustainability and success of the project in terms of both environmental impact and economic viability.

Keywords: topographic studies, road structure, geometric design, design flow, economic indicators.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

1.1 Introducción

La vía Los Arándanos que se encuentra localizada en la parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha, inicia desde la vía principal Av. Pedro Vicente Maldonado hacia el barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”, recibiendo una contribución importante de manera directa e indirecta de varias vías aledañas que llegan de los distintos lugares de la comunidad, la vía consta de una longitud de 1.300 km los cuales se encuentra en su mayor parte fuera de funcionamiento. La vía en cuestión no cuenta con ningún tipo de estudio técnico previo así tampoco diseño geométrico, por lo cual es de vital importancia reconocer el estado de la carretera actual mucho antes de iniciar con su respectivo estudio.

Según, (Hidalgo, 2015) “A pesar de que esta vía es un camino alterno hacia el barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”, siendo una vía de cuarto orden la cual no cumple con las necesidades mínimas para circulación, al ser una vía urbana, es de suma importancia mejorar y ampliar, y así obtener una fluida circulación conforme a las comunidades aledañas lo requieran”. En el cantón Mejía, provincia de Pichincha, una de las principal parroquia es Cutuglagua, en la misma se encuentra la vía Los Arándanos que consta de 1.300 km de longitud que conecta la vía Polonia con la Panamericana Sur la misma facilitara el movimiento de transporte tanto personales como comerciales, en este caso en concreto al ser una comunidad agrícola generara grandes veneficios a sus comuneros y por ende es de crucial importancia llevar a cabo este presente proyecto técnico.

1.2 Problema de Estudio

1.2.1 Antecedentes

En las crecientes poblaciones en las distintas ciudades que presentan desarrollo económico y la necesidad de comunicarse con otras poblaciones es necesario para que lleguen

alimentos y enceres o simplemente transportar los distintos productos a distintos consumidores o el simple hecho de viajar de una manera más cómoda y segura.

Todas las zonas aledañas a Cutuglagua son zonas que tienen una gran producción agrícola, productos que necesitan ser transportados para su negocio a las poblaciones cercanas y muchas veces a mayores distancias en el menor tiempo posible ya que son productos perecibles, por lo cual necesitan de carreteras que acorten estos tiempos de transporte, creando la necesidad de nuevas vías para unir más poblaciones.

1.2.2 Importancia y Alcance

El progreso actual de las poblaciones aledañas a la franja de interés del proyecto se encuentra estancado debido a la carencia de vías que les permitan comunicarse o transportarse de una manera directa con poblaciones o ciudades en las que puedan generar un desarrollo comercial, productivo, mejorando su calidad de vida entre otras.

El desarrollo de un país se mide según su infraestructura existente, y parte fundamental de esta infraestructura es la presencia de vías terrestres ya que el transporte de individuos, objetos, productos y bienes de servicio en el menor tiempo posible ha sido una de las principales necesidades para todos. La planeación, reconstrucción, recuperación y sustento vial debe ser uno de los principales objetivos de todo gobierno, se deberá tener en cuenta que estas deben realizarse lo más técnicamente posible, cumpliendo parámetros de bienestar, tiempo y seguridad para los beneficiarios, y es ahí donde el ingeniero civil debe aplicar sus conocimientos para poder lograr los objetivos.

1.2.3 Delimitación

La ubicación de este proyecto técnico comienza en la abscisa 1+100 hasta la abscisa 2+400 del ingreso alternativo al barrio “Santo Domingo”, parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha.

Figura 1.

Ubicación del proyecto



Nota. La línea roja representa la vía a diseñar en este proyecto técnico. Elaborado por: El autor, con Google Earth.

El presente proyecto técnico se encuentra en las coordenadas UTM descritas a continuación:

- 1.2.2 Punto de inicio cerca a la “Escuela Santo Domingo de Cutuglagua” con coordenadas: Zona UTM 17 M; 9958678 Norte; 771269 Este; Cota: 3067 m.s.n.m.
- 1.2.3 Punto final ubicada al finalizar el nuevo puente de concreto de la va de ingreso al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua con coordenadas: Zona UTM 17 M; 9957705 Norte; 771834 Este, Cota: 2953 m.s.n.m.

1.3 Justificación

Un país que carece de elementos viales no va acorde al crecimiento globalizado ni a su desarrollo, se verá marginado del progreso, razón por la cual optar por tomar políticas basadas en el desarrollo y creación de infraestructura es esencial, es así que el ministerio de Transporte y Obras Públicas preocupado de tener vías que unan el comercio y el turismo de todas las regiones del país se ha visto en el requerimiento de poseer estudios definitivos de vías.

Se propone como solución el diseño preliminar de la vía antes menciona antes mencionada, la cual cumplirá con la misión de unir poblaciones alejadas de las grandes ciudades, y como ya se ha explicado anteriormente ayudará a la diversificación de distintas actividades económicas de la comunidad.

El contar con una vía que satisfaga con las necesidades viales de los pobladores permitirá, no solo un desarrollo en el crecimiento económico; sino además también a nivel humano, social, y cultural, en el que la educación, la medicina y más servicios puedan llegar fácilmente hacia las comunidades de la zona.

La vía antes mencionada beneficiará a la población de Santo Domingo de Cutuglagua, Escuela "Santo Domingo de Cutuglagua" y como vía de desfogue alterna para todas las poblaciones antes mencionadas. Evitando su ingreso por la Av. Atacazo actual ingreso principal a Cutuglagua, la cual no satisface con los requerimientos necesarios de tránsito.

Para el proyecto se contará con la información tanto topográfica como de estudios de suelos, levantadas en campo. Además, se dispone con el transporte necesario para movilizarse hasta el lugar de estudio y así poder desarrollar adecuadamente el proyecto.

Con la información recopilada para el trabajo tanto en campo como en oficina del presente proyecto técnico, se propone este trabajo sirva para satisfacer las demandas actuales

y futuras de nuestra vía, además de servir como instrumento técnico al Municipio de Mejía para su futura ejecución.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar 1,3 kilómetros de la vía de ingreso al barrio “Santo Domingo”, tanto el estudio de tráfico, diseño geométrico, diseño estructural, drenaje vial, estudio geotécnico, evaluación ambiental y análisis de costo y presupuestos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Reconocer el sector y así determinar su topografía, así como también su clima y vegetación, datos que serán de suma importancia en el futuro.
- Generar el diseño geométrico mediante el software Civil 3D, para determinar si necesita cambios importantes en la vía ya existente, cumpliendo con las vigentes normativas.
- Realizar el diseño de drenaje del tramo de la vía basados en las características climatológicas del sector, para controlar y redirigir las precipitaciones y así liberar la capa de rodadura, evitar daños estructurales que puedan ocasionar interrupciones de tráfico.
- Elaborar los estudios de impacto ambiental y señalización dentro de la vial necesaria para que el proyecto técnico vía cumpla con su función de desplazar vehículos y personas de manera segura y cómoda.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de Carretera

Una carretera es una infraestructura de comunicación especialmente creada a lo largo de toda la extensión del terreno, identificada en normativa como derecho de vía, para garantizar el movimiento continuo de los vehículos, manteniendo un nivel adecuado de seguridad y comodidad. (Cárdenas, 2013, p. 33).

2.2 Clasificación de las Carreteras

2.2.1 Según su función

Establecida en función de la operatividad necesaria para la vía en cuestión o de los objetivos en sus distintos niveles:

2.2.1.1 Carreteras primarias o de primer orden.

Carreteras o vías troncales, transversales y de ingreso a los centros urbanos, las distintas provincias del país que desempeñan el papel fundamental de unir las áreas productivas y de consumistas del país (Cárdenas, 2013).

2.2.1.2 Carreteras secundarias o de segundo orden.

Son aquellas carreteras o vías que unen núcleos urbanos principales o parroquiales entre sí y/o que proceden de un núcleo urbano y conectan con una vía Primaria (Cárdenas, 2013).

2.2.1.3 Carreteras terciarias o de tercer orden.

Son aquellas carreteras o vías de ingreso que unen núcleos urbanos parroquiales con sus parroquias pertenecientes, o que unen parroquias entre sí. Las vías de tercer orden deben operar en sobre un suelo afirmado (Cárdenas, 2013).

2.2.2 Según el tipo de terreno

Definida por la topografía sobresaliente en la sección de estudio. Actualmente en el país existen distintos tipos de terrenos y se clasifican en terreno plano (P), terreno ondulado (O), terreno montañoso (M) y terreno escarpado (E), como se indica en la tabla a continuación.

Tabla 1.

Tipos de Terreno

| TIPO DE TERRENO | PENDIENTE MÁXIMA MEDIDA DE LAS LÍNEAS DE MÁXIMA PENDIENTE DEL TERRENO (%) | INCLINACIÓN TRANSVERSAL AL EJEDE LA VÍA DEL TERRENO (°) |
|------------------------|--|--|
| Plano (P) | 0-5 | 0-6 |
| Ondulado (O) | 5-25 | 6-13 |
| Montañoso (M) | 25-75 | 13-40 |
| Escarpado (E) | >75 | >40 |

Nota. Tipos de terrenos y sus pendientes medias máximas e inclinación transversal. Fuente: (Cárdenas, 2013).

2.2.2.1 Carreteras en terreno plano.

Consiste en la unión de alineamientos horizontal y alineamiento vertical, que permite al tránsito de carga pesada mantener una velocidad similar que el tránsito livianos (Cárdenas, 2013). Son carreteras que requieren un movimiento mínimo del suelo durante la construcción, por lo que son fáciles de trazar y no presentan complicaciones en la explanación.

2.2.2.2 Carreteras en terreno ondulado.

Consiste en la unión alineamiento horizontal, con un alineamiento vertical que obliga al tránsito de alta carga a reducir su velocidad significativamente por debajo del tránsito liviano, sin operar a velocidades constantes en pendientes durante periodos de tiempo largos (Cárdenas, 2013). Son carreteras que, durante su edificación, el movimiento de masas de suelos es moderados, permitiendo más o menos nivelaciones sencillas sin mucha dificultad.

2.2.2.3 Carreteras en terreno montañoso.

Consiste en la unión alineamiento horizontal y alineamiento vertical que exige al tránsito de carga vehículos pesada viajando a velocidades constantes en pendientes a lo largo de largas distancias o con mucha frecuencia. (Cárdenas, 2013) Como regla general, requieren mucha excavación durante la construcción, por lo que dificultan el trazado y la explanación.

2.2.2.4 Carreteras en terreno escarpado.

Consiste en la unión alineamiento horizontal y alineamiento vertical que exige al tránsito de vehículos pesada a viajar en una pendiente a una velocidad constante más lenta que los vehículos que viajan sobre terreno montañoso, por distancias considerables o con distancias muy significativas (Cárdenas, 2013). Requieren alto grado de movimiento del suelo durante la ejecución del proyecto, con diversas dificultades tanto en el trazado como en el allanamiento, ya que las alineaciones están delimitadas en su mayoría por divisiones de aguas. Como regla general, su pendiente longitudinal supera el 8%.

2.3 Diseño de Carreteras

El diseño de nuevas carreteras se ejecuta en distintas etapas, durante las cuales existe la oportunidad de valorar gradualmente la economía del proyecto vial. Por lo general, objetivos y las distintas actividades para cada etapa son:

2.3.1 Fase 1. Prefactibilidad

Se emparejan varias opciones posibles, para realiza el prediseño del proyecto a lo largo de cada uno de los corredores, recurriendo a proyectos de las mismas características, se realiza una estimación económica. La estimación económica se basa en comparar un análisis económico, el costo inicial de construcción, los costos de subsistencia, con las ganancias que se lograrían obtener, encarnados en la conservación de los costos del trabajo vehicular.

2.3.2 Fase 2. Factibilidad

El eje del plan vial debe completarse en el corredor seleccionado. La ubicación del eje especificado deberá cumplir con las especificaciones geométricas tanto de la sección longitudinal como transversal, al igual como con todos los trabajos de construcción y adición necesarios.

Teniendo la trayectoria final en el sistema vial y el diseño anterior del eje en la sección longitudinal, sección transversal, drenaje superficial y drenaje subterráneo, se evaluará económicamente al terminar. Esta estimación es más confiable porque en esta etapa hay suficientes elementos para preparar un presupuesto menos volátil y estimar los valores de operación del tránsito.

El objetivo específico de factibilidad es la de dar paso al proyecto, dependiendo de su beneficio. Si es beneficioso, se continuará con el desarrollo del diseño final del camino desde el eje identificado.

2.3.3 Fase 3. Diseño Definitivo

Aquí es donde se crean diseños más detallados, geométricos, estructurales, y el trabajo adicional necesario para posicionar y actualizar el camino a través del proceso de construcción. Una vez que se toma la decisión de ejecutar el proyecto de la una carretera, los diseños se refinan a un nivel de detalle de forma continua. El nuevo método de camino terciario es una opción más simplificada y de una etapa del enfoque de tres etapas para caminos nacionales. El método de diseño de diseño simple se recomienda solo cuando el diseño está en un plano.

En el caso de las carreteras secundarias, es raro que se construyan nuevas autopistas como carreteras secundarias. En general, estos caminos son el resultado de la mejora continúa realizada durante muchos años sobre los caminos originales como caminos terciarios.

El enfoque actual de diseño de rehabilitación y reconstrucción de proyecto vial es la aplicación del método a la carretera terciaria, y su eficacia depende claramente de la naturaleza y el alcance del trabajo realizado en cada caso específico.

2.4 Diseño Geométrico Horizontal

La alineación horizontal es considerada como una proyección del eje del proyecto vial en el plano horizontal. Los elementos que conforman el diseño incluyen rectas y las curvas, estas últimas pueden ser de dos tipos: circulares o de transición.

La proyección recta del eje, la tangente y el enlace inmediato de rumbos distintos, se realizan por medio de una curva. Al establecer el alineamiento horizontal se depende de: Del relieve, características hidrológicas, del drenaje del terreno, las características mecánicas de la subrasante y la calidad de los materiales locales.

2.5 Tangentes

Se busca representaciones en un plano horizontal de líneas rectas que conectan las curvas, las cuales están interconectadas y la longitud máxima se considera para garantizar la seguridad. La extensión prolongada de las secciones rectas entre curvas puede provocar accidentes debido al cansancio o somnolencia del conductor. debido a la concentración prolongada en puntos fijos de la carretera o porque contribuyen al deslumbramiento nocturno; Por esta razón, es conveniente limitar la longitud de las tangentes intermedias y no diseñar líneas onduladas con curvas de mayor radio.

2.6 Curvas Circulares

Las curvas circulares representan segmentos curvos en la proyección horizontal, se emplean para conectar dos tramos rectos adyacentes y pueden ser simples o compuestas. Las principales partes que caracterizan estas son:

2.6.1 Grado de curvatura

Este ángulo es generado por un arco de 20 metros de longitud. Su valor más alto es aquel que asegura que exista un tránsito seguro por la curva, permitiendo la máxima inclinación y velocidad establecida para el diseño. Esto en sí mismo tiene un valor considerable en el diseño de la alineación.

2.6.2 Radio de curvatura

Es el aquel que se identifica como “R”.

2.6.2.1 Radio Mínimo de Curvatura Horizontal.

La curvatura horizontal mínima representa el nivel mínimo que asegura una conducción segura a una velocidad de diseño, considerando la pendiente máxima y el coeficiente de fricción lateral. Utilizar curvas con un radio inferior al mínimo recomendado implica trazar curvas que superan los límites reales de maniobrabilidad del vehículo. Por tanto, la curvatura resulta decisivo en el diseño de rutas ya que determina la viabilidad y seguridad vial para los vehículos.

2.7 El Sobreancho en las Curvas

El pavimento ancho en las curvas horizontales está diseñado para conceder un paso seguro y cómodo de los vehículos. Los sobre anchos son necesarios por:

- Al trazar un giro, el coche ocupa una gran anchura, ya que la rueda trasera suele seguir una línea por dentro de la línea de la rueda delantera y el extremo delantero dibuja una línea por fuera de la calzada del vehículo.
- Es crucial en los conductores permanecer centrado en el carril porque les resulta muy complicado juzgar la posición de los autos en una curva. Este desafío se intensifica a medida que la velocidad crece pero se reduce al incrementar el radio de la curva.

2.8 Distancias de Visibilidad

La visibilidad desempeña un papel crucial en asegurar la seguridad y el desempeño eficiente de los vehículos en la carretera. Por ello, la extensión de la carretera que un conductor puede observar de forma continua se conoce como distancia de visibilidad.

La distancia de visibilidad se aprecia dos aspectos primordiales:

- La distancia requerida en el un vehículo se detiene
- La distancia necesaria para que un vehículo pueda rebasar

2.9 Diseño Geométrico Vertical

Es crucial evitar perfiles con pendientes invertidas pronunciadas y prolongadas, especialmente cuando se combinan con tramos de carretera predominantemente rectos, ya que representan un riesgo significativo. Esta situación puede prevenirse al introducir una inclinación lateral o al emplear pendientes más suaves, aunque esto implique realizar más movimientos de tierra (excavación y relleno).

Es recomendable evitar perfiles que presenten dos tramos verticales en la misma dirección, sobre todo si se utilizan líneas tangentes cortas. En ascensos prolongados, resulta más eficaz tener pendientes muy inclinadas al principio de la subida, seguidas de una disminución para alcanzar la cima. Es preferible emplear un tramo con una pendiente máxima, seguido por una pendiente más suave que permita a los vehículos pesados acelerar ligeramente, antes de retomar una pendiente menor, volviendo luego a una nueva pendiente máxima, en lugar de diseñar una rampa larga, aunque menos inclinada.

2.10 Diseño Geométrico Transversal

El diseño geométrico transversal de un proyecto vial consiste en definir una buena ubicación y las dimensiones de los todos los elementos pertenecientes a la vía y su relación con el terreno, en la sección del alineamiento horizontal. (Cárdenas, 2013, p. 445).

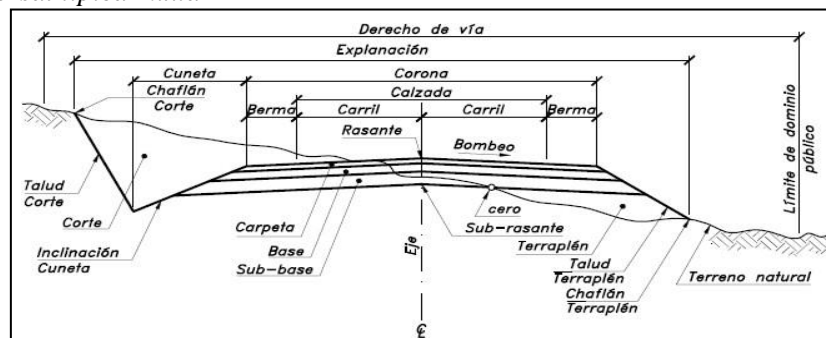
De esta forma podemos determinar las pendientes y el ancho del carril que utilizaremos, además de estimar así el área y volumen de terreno a mover.

2.11 Elementos Geométricos que Integran la Sección Transversal

Desde un punto de vista geométrico, la estructura transversal de una vía o carretera se conforma por distintos componentes como el espacio reservado, el área despejada, el ancho de la superficie, la parte superior, la superficie de rodadura, los carriles, los bordes, los canales de drenaje, los lados inclinados y otros elementos adicionales. (Cárdenas, 2013, p.445). A continuación, estos elementos se detallan, por ejemplo, en el caso de caminos pavimentados mixtos, excavar y terraplén, situado recta o tangencialmente.

Figura 2.

Sección transversal típica mixta



Nota. En la presente imagen se observa la sección transversal típica mixta, pavimentada recta. Fuente (Cárdenas, 2013).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Tipos de Investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicará varios tipos de investigaciones: Bibliográfica, Explicativa y Aplicada. La investigación bibliográfica. Según Muñoz, 2015: Es la que emplea fuentes de información recogida y guardada por cualquier medio, es decir todo tipo de documentación: libros, publicaciones, material almacenado documentación histórica, información estadística y todos ellos recopilados por distintas personas o instituciones donde la el investigador buscarla, organizarla, sistematizarla y analizarla para un determinado fin. (p.97- 98).

Iniciar un proyecto de investigación en el ámbito del diseño de infraestructura vial se origina con una revisión exhaustiva de libros, tesis y artículos científicos. Este proceso permitirá obtener una visión clara sobre cómo construir de acuerdo con los principios técnicos previamente establecidos, basados en el libro “Diseño Geométrico de Carreteras / James Cárdenas Grisales”. En esta investigación se contemplan dos fases: la primera involucra la recopilación de información de tráfico, mientras que la segunda abarca su análisis, llevándose a cabo tanto trabajos de campo como análisis en entorno de escritorio o gabinete.

3.2 Trabajo en Campo

Se trata de las inspecciones en terreno los recuentos manuales efectuados al inicio y al término del proyecto, el relevamiento topográfico y otras actividades llevadas a cabo en el lugar específico del proyecto.

3.2.1 Trabajo de Gabinete

Una vez finalizado el levantamiento topográfico y los análisis de suelos y materiales de mejora, se procede a llevar a cabo la evaluación y comprobación técnica para determinar si cumplen con los requisitos necesarios para la ejecución exitosa del proyecto.

3.3 Método

La información se obtendrá en base a Metodología de análisis “El análisis como un procedimiento para llegar a la comprensión mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos” (Lopera, 2010, p. 46). La técnica implica dividir el tema de estudio en sus componentes individuales para analizar cada uno de ellos por separado. En la mayoría de las investigaciones se ha utilizado básicamente el método científico. El Método de observación. “Son procedimientos que utiliza para presenciar directamente el fenómeno que se está estudiado, sin actuar sobre él esto es, sin realizar alguna modificación o realizar cualquier tipo de operación” (Zapata, 2006, p. 145). Será utilizado con el fin de definir, obstáculos, o contratiempos en el desarrollo del proyecto y por ende ejecutarla de la forma más adecuada posible, evitando contratiempos.

El Método deductivo “Se trata del conjunto completo de normas y procedimientos que permiten derivar conclusiones finales a partir de enunciados previamente establecidos, conocidos como premisas de una hipótesis” (Gómez, 2004, p. 17). Se realiza con el fin de emplear y concluir, los lineamientos generales del proyecto basándonos en las normas técnicas con las cuales se pretende desarrollar el proyecto.

3.4 Proceso Técnico de Ingeniería Civil

Para la recolección de información necesaria se ocupará: Normas, resúmenes, libros y planos que nos ayudarán a conseguir los enlaces necesarios para iniciar la investigación y posteriormente desarrollarla.

Las principales actividades para realizar el análisis vial son:

- Inspección visual técnica del sitio
- Identificación de posibles corredores

- Topografía
- Trabajo en gabinete
- Análisis total de resultados
- Presentación de láminas y resultados

3.4.1 Inspección visual técnica del sitio

La primera etapa es realizar una inspección visual técnica del área, un paso esencial para llevar a cabo un levantamiento topográfico claro y minucioso, con sus respectivas limitaciones, para definir la ubicación del proyecto en cuestión. Esto permitirá estimar la duración del trabajo de medición y recopilar información relevante que sirva como base para nuestro diseño (puntos de control, coordenadas, referencias, etc.). El análisis topográfico del área nos facilitará la elaboración de un plan de trabajo, estimación de costos, mano de obra, así como la maquinaria y equipamiento necesarios para completar el proyecto vial.

3.4.2 Identificación de posibles corredores

Al identificar los posibles corredores, es esencial considerar factores como la estabilidad geológica, la inclinación lateral del terreno, los patrones de drenaje, los cruces de líneas divisoras de aguas, entre otros aspectos. Esto permitirá encontrar distintas alternativas que aborden las exigencias del tráfico y que, al mismo tiempo, sean factibles desde la perspectiva de ubicación y control de diseño.

3.4.3 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico juega un papel crucial en diversos campos como la edificación de estructuras, carreteras, puentes, sistemas de plomería, entre otros. Por esta razón, constituye el cimiento fundamental para dar inicio a cualquier proyecto, ya que proporciona información detallada acerca de las dimensiones del plan de construcción. En el caso de los estudios para diseñar la geometría de una vía o carretera, la topografía del terreno natural

desempeña un papel esencial, siendo un factor determinante en la selección de los valores de los diversos parámetros que intervienen en su diseño.

Cuando se definen las diversas propiedades geométricas de una vía o carretera, se realizan en base a las particularidades de su topografía: ya sea que el terreno sea plano, con algunas elevaciones suaves o con montañas y pendientes pronunciadas. En consecuencia, la influencia de la topografía en los costos de construcción de un proyecto vial siempre es notable y restringe las características del trazado horizontal, las curvas en el camino y la forma de la sección transversal de la vía.

3.4.4 Trabajo de gabinete

Una vez concluida la labor en el terreno para recabar toda la información requerida, se inicia la fase de elaboración del diseño geométrico vial. Este diseño incluye componentes fundamentales como los alineamientos horizontales, alineamientos verticales y el diseño transversal. Después procederemos a realizar labores de gabinete y depurar los datos obtenidos de la topografía, así como en los estudios de suelos y de materiales para mejoramiento.

3.5 Análisis de Resultados

Después de completar el levantamiento topográfico los estudios de suelos y el análisis del mejoramiento, se lleva a cabo la verificación técnica en el lugar, evaluando si cumplen con las medidas necesarias para llevar a cabo el proyecto. Una vez confirmados estos datos, se procede a elaborar las láminas esenciales para su posterior análisis.

3.6 Presentación de Planos y Resultados

Se presentarán los diseños geométricos en planos en formatos A1 con layers definidos y a escala adecuada para mayor comprensión, facilitando la ejecución de la vía. Además de presentar todos los ensayos técnicos tanto del estudio de suelos como del material de mejoramiento. Todos estos planos y resultados deberán ser de carácter reservado y de uso meramente informativo.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Trabajos de Campo

Se refiere al estudio de la topografía y los recuentos manuales realizados en la carretera desde el 17 de abril de 2023 hasta el 23 de abril de 2023, llevados a cabo entre las 07:00 a. m. y las 17:00 p. m. Durante la primera semana se llevó a cabo el estudio topográfico, mientras que en la segunda semana se efectuó la contabilización de vehículos siguiendo el formulario diseñado específicamente para el proyecto.

4.1.1 Topografía

Según Gámez (2015), antes de comenzar cualquier obra civil, es necesario llevar a cabo el proceso de topografía. Este consiste en la elaboración de un plano que representa de manera precisa las características físicas y los accidentes del terreno mediante un levantamiento topográfico. Dicho levantamiento se realiza utilizando direcciones, distancias y ángulos para obtener los puntos exactos del sitio y su extensión. En resumen, la topografía se convierte en el primer paso esencial para cualquier proyecto de construcción, permitiendo la adecuada comprensión y representación del terreno.

La topográfico se realizó por técnicos del Municipio de Mejía mismo que nos brindaron su ayuda para la elaboración de este proyecto técnico. En los ANEXOS se indican los puntos del levantamiento topográfico realizados en conjunto con técnicos del GAD municipal del Cantón Mejía.

4.1.1.1. Tipo de Terreno

Tras examinar la topografía, los tramos y demás rutas correspondientes a la zona de influencia del proyecto, se llegó a la conclusión de que la topografía de la carretera es montañosa, tal como se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 2.*Tipos de Terreno*

| TIPO DE TERRENO | PENDIENTE MÁXIMA MEDIDA DE LAS LÍNEAS DE MÁXIMA PENDIENTE DEL TERRENO (%) | INCLINACIÓN TRANSVERSAL AL EJE DE LA VÍA DEL TERRENO (°) |
|------------------------|--|---|
| Plano (P) | 0-5 | 0-6 |
| Ondulado (O) | 5-25 | 6-13 |
| Montañoso (M) | 25-75 | 13-40 |
| Escarpado (E) | >75 | >40 |

Nota. Tipos de terrenos y sus pendientes medias máximas e inclinación transversal. Fuente: (Cárdenas, 2013).

4.1.1.2. Sistema de Coordenadas

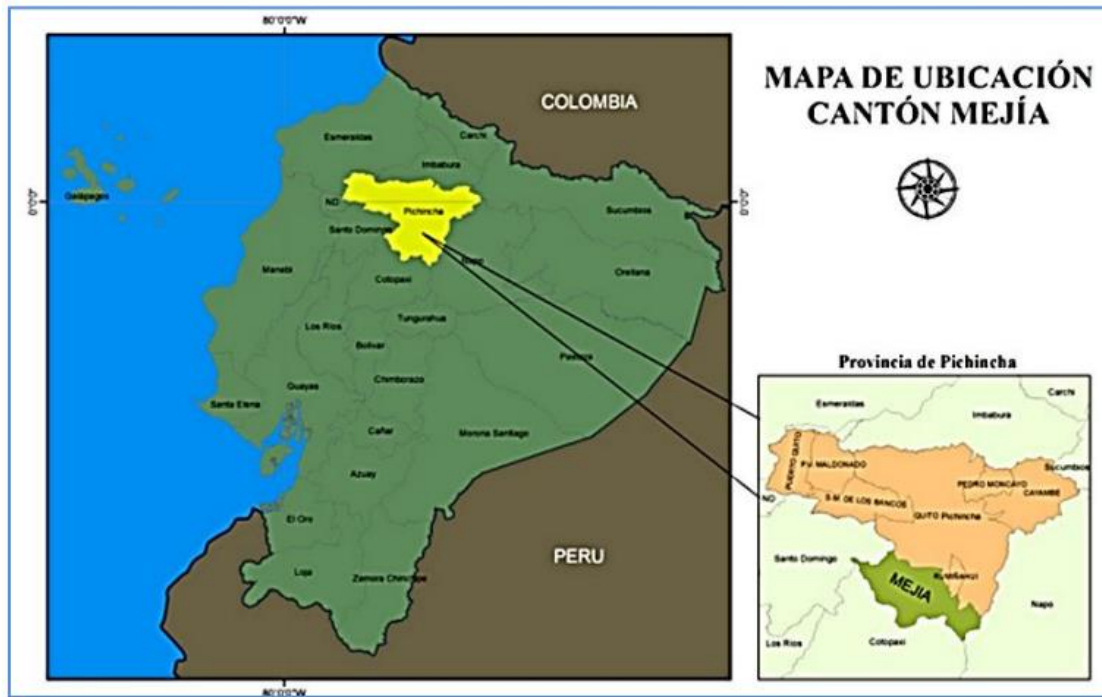
Se ejecuto en el terreno la medición topográfica para obtener la configuración de la vía ubicada en barrio “Santo Domingo”, parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha. Se utilizó el sistema de coordenadas (UTM - WGS84 Datum), específicamente la Zona 17 Sur. Para este proceso se utilizaron receptores GNSS IMU-RTK de alto rendimiento con seguimiento GNSS, modelo i90 IMU-RTK GNSS.

4.1.1.3. Ubicación del Proyecto

El proyecto se ubica en la provincia de Pichincha, en el cantón Mejía en la parte norte, y en la parroquia rural de Cutuglagua, posee una altitud entre los 29810 m.s.n.m. y con una superficie aproximada de 69,4 Km².

Figura 3.

Ubicación del cantón Mejía



Nota. Mapa del Ecuador y mapa de la provincia de Mejía. Fuente: (Municipio de Mejía, 2001).

Figura 4.

Ubicación de la parroquia de Cutuglagua



Nota. Ubicación de la parroquia de Cutuglagua. Fuente: (Municipio de Mejía, 2001).

4.1.2 Estudio de Tráfico

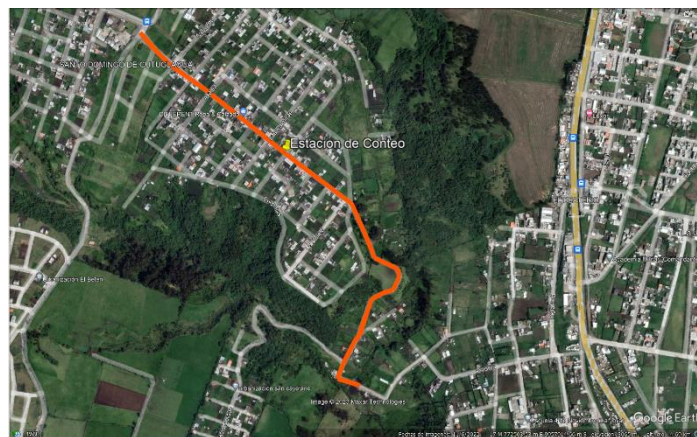
El estudio que se realizara consta de: trabajo en campo y trabajo en gabinete. El trabajo en campo se llevará a cabo mediante conteo manual, usando una plantilla para el conteo vehicular (elaborado por el autor), se ha escogido un punto en el centro de la vía, para realizar esta actividad se tomaron datos durante una semana, durante diez horas. Como dispone la normativa vigente (Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003) se deberá realizar una proyección para un periodo de veinte años, con el cual el transito diario anual proyectado (TPDA) se realizará.

4.1.3 Estación de conteo

Para la toma de datos, se eligió un lugar de gran importancia debido a diversos factores: social-económicos y productivos, y de esta manera realizar un conteo manual con mayor certeza y tomando la mayor cantidad de tráfico que transita por la vía, mismo con el que haremos la proyección para el TPDA. En la figura a continuación se muestra el punto donde se encuentra la estación de toma de datos:

Figura 5.

Ubicación geográfica de la estación de conteo manual



Nota. Ubicación geográfica de las estaciones de conteo. Elaborado por: El autor, con Google Earth.

Figura 6.

Fotografías en la estación de conteo vehicular











Nota. Conteo manual de los vehículos que transita por la vía a diseñar. Elaborada por: El autor.

Se utilizó el siguiente formato para la tabular la información tomada del conteo, el formulario consta de: tipos de vehículos que circulan por la vía, el tiempo que se tomó para la recolección de datos. Con esto se colocarán en las casillas la cantidad total de vehículos que pasaron por la vía.

Tabla 3.

Formulario para conteo vehicular

| Formulario para conteo vehicular | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|--|---|---|
| |  |  |  |  |  |  |  |  |
| PERIODO | LIVIANO | BUS | 2DA Camión 2 ejes Mediano | 2DB Camión 2 ejes Grande | 3A Camión 3 ejes | 3S2 | 3S3 | Maquinaria VZDB |
| Lunes 17 Abril | | | | | | | | |
| Martes 18 Abril | | | | | | | | |
| Miércoles 19 Abril | | | | | | | | |
| Jueves 20 Abril | | | | | | | | |
| Viernes 21 Abril | | | | | | | | |
| Sábado 22 Abril | | | | | | | | |
| Domingo 23 Abril | | | | | | | | |

Nota. Formulario empleado en el conteo vehicular de la via de estudio. Elaborado por: El autor.

Con la información recopilada en la estación de conteo, utilizaremos la misma para su respectivo análisis, interpretación y el procesamiento de los datos crudos para en continuación usando la Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones de Vehículos de Diseño, clasificar los distintos tipos de transportes que utilizan la vía. A continuación, se observará los resultados del conteo manual en la estación escogida.

Tabla 4.

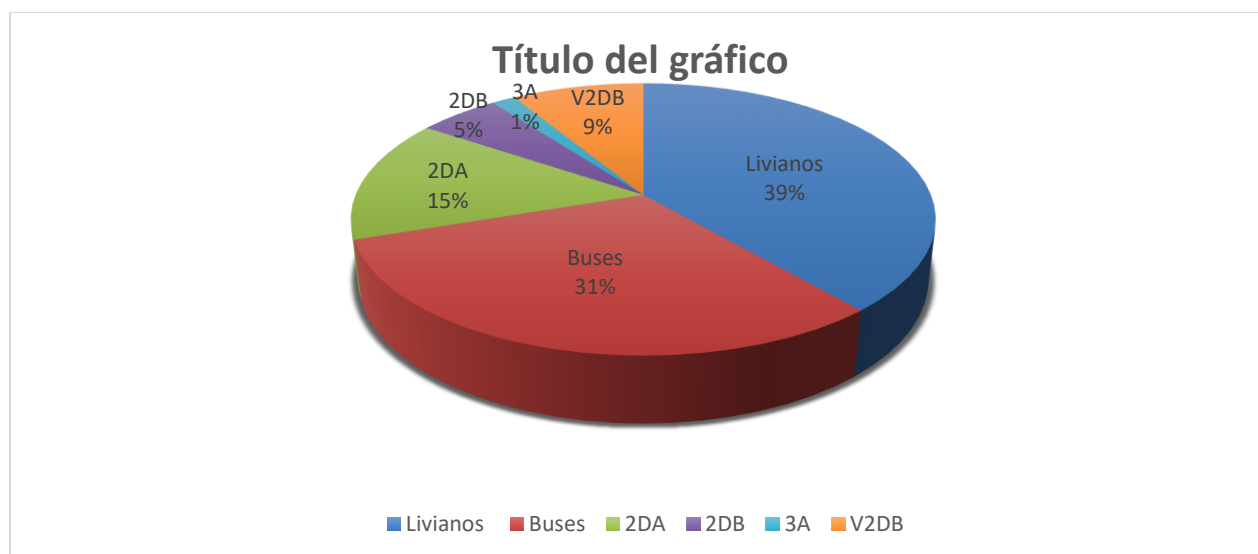
Conteo vehicular de la Estación de conteo

| Tipo de vehículo | Lunes 17 Abril | | Martes 18 Abril | | Miércoles 19 Abril | | Jueves 20 Abril | | Viernes 21 Abril | | Sábado 22 Abril | | Domingo 23 Abril | |
|------------------|----------------|-----|-----------------|-----|--------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|
| | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E |
| V. Livianos | 81 | 95 | 87 | 89 | 85 | 97 | 88 | 85 | 79 | 81 | 77 | 91 | 93 | 92 |
| Buses | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| Camión 2DA | 30 | 31 | 34 | 35 | 30 | 41 | 32 | 33 | 28 | 32 | 29 | 36 | 33 | 38 |
| Camión 2DB | 12 | 13 | 15 | 10 | 14 | 15 | 13 | 8 | 11 | 6 | 10 | 11 | 17 | 12 |
| Camión 3A | 4 | 6 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 4 |
| Maq. V2DB | 22 | 18 | 26 | 12 | 26 | 22 | 24 | 11 | 20 | 10 | 18 | 14 | 32 | 19 |
| TOTAL | 452 | | 453 | | 476 | | 441 | | 412 | | 433 | | 485 | |

Nota. Tabla de resultados del conteo vehicular de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

Figura 7.

Tráfico Promedio Diario del proyecto, Vía de ingreso al barrio “Santo Domingo” abscisa 1+100 - 2+400



Nota. Pastel del tráfico promedio diario de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

4.1.4 Tráfico Promedio Diario Anual TPDA

En el proceso de construcción de carreteras, es necesario realizar una evaluación precisa del tráfico existente con el fin de predecir el aumento que se espera en el futuro para el proyecto vial. Para lograr esto, es crucial contar con una base de datos confiable y precisa.

Durante el estudio de tráfico, se debe tomar datos sobre: cantidad de vehículos, el tipo de los mismos (debido a que no es lo mismo que pase por la vía un camión de doble eje que un vehículo familiar), a su vez se deberá tomar en cuenta los caminos aledaños a la zona de interés. El método más común y efectivo para realizar el análisis de tráfico, es contar manual, con el cual habremos de recolectar la información, para posteriormente hacer su respectiva proyección según disponga la autoridad pertinente o la normativa en la que nos basaremos. Según la normativa del Diseño Geométrico de Carreteras MOP-2003, se habrá de establecer un valor promedio diario anual proyectado para el tráfico futuro (TPDA), con esta proyección será muy importante para la clasificación de la vía, y a continuación para el diseño geométrico y estructural. Para el conteo manual, se tomó datos en el lapso de doce horas, durante una semana. Para ello, se presenta la siguiente expresión con la que calcularemos el TPDA.

$$TPDA = To * Fd * Fs * Fm$$

Cuando:

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

To: Tráfico Promedio Diario Observado

Fm: Factor Mensual

Fs: Factor Semanal

Fd: Factor Expansión o diario

Tráfico promedio diario horario

Hace referencia al promedio de vehículos totales que transitan en una semana, dividido por el número de días contabilizados, conocido como Tráfico Promedio Diario Observado (TPDO). Para calcular el TPDO, se emplea la siguiente fórmula.:

$$TPDO = \frac{\text{Total vehículos contabilizados, 7 días, 12 horas}}{\text{Total día contabilizados}}$$

$$TPDO = \frac{3152 \text{ vehiculos}}{7 \text{ días}}$$

$$TPDO = 450.3 \text{ veh/día} \approx 451 \text{ veh/día}$$

Tabla 5.

Datos de tráfico promedio diario horario

| Tipo de vehículo | Lunes 17 Abril | | Martes 18 Abril | | Miércoles 19 Abril | | Jueves 20 Abril | | Viernes 21 Abril | | Sábado 22 Abril | | Domingo 23 Abril | | TOTAL | Tráfico Diario Horario |
|------------------|----------------|-----|-----------------|-----|--------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|-------|------------------------|
| | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | | |
| V. Livianos | 81 | 95 | 87 | 89 | 85 | 97 | 88 | 85 | 79 | 81 | 77 | 91 | 93 | 92 | 1220 | 174 |
| Buses | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 980 | 140 |
| Camión 2DA | 30 | 31 | 34 | 35 | 30 | 41 | 32 | 33 | 28 | 32 | 29 | 36 | 33 | 38 | 462 | 66 |
| Camión 2DB | 12 | 13 | 15 | 10 | 14 | 15 | 13 | 8 | 11 | 6 | 10 | 11 | 17 | 12 | 167 | 24 |
| Camión 3A | 4 | 6 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 4 | 49 | 7 |
| Maq. V2DB | 22 | 18 | 26 | 12 | 26 | 22 | 24 | 11 | 20 | 10 | 18 | 14 | 32 | 19 | 274 | 39 |
| TOTAL | 452 | | 453 | | 476 | | 441 | | 412 | | 433 | | 485 | | 3152 | 451 |

Nota. Tabla de resultados del tráfico promedio diario horario vehicular. Elaborado por: El autor.

Tráfico promedio diario semanal

Se trata del promedio de vehículos que circulan por la vía a lo largo de un lapso determinado, que incluye tanto días laborables como fines de semana, considerando que el estudio se lleva a cabo durante un periodo de 12 horas. Para ajustar este dato, se utiliza un factor de expansión proporcionado por la autoridad competente, en este caso, el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), con este se podrá calcular el tráfico futuro.

Estos factores toman en cuenta: crecimiento económico proyectado, ejecución de nuevos proyectos viales, así como el mejoramiento de los ya existentes. La autoridad dispone de diferentes factores de expansión debido a diferentes variables: tipos de carreteras, región geográfica del país (en la región Sierra este factor es 1.05, mientras que en la región Costa el mismo es 1.08). A continuación, se presenta la siguiente ecuación en la cual el factor se utiliza:

$$TPDS=TPDO*Fe$$

$$Fe=1.05 \text{ Obtenido por MTOP}$$

$$TPDS=451(\text{veh}/\text{dia})*1.05$$

$$TPDS=474 \text{ veh}/\text{dia}$$

Tabla 6.

Datos de tráfico promedio diario semanal

| Tipo de vehículo | Lunes 17 Abril | | Martes 18 Abril | | Miércoles 19 Abril | | Jueves 20 Abril | | Viernes 21 Abril | | Sábado 22 Abril | | Domingo 23 Abril | | TOTAL | Tráfico Diario Semanal |
|------------------|-------------------|-----|--------------------|-----|-----------------------|-----|--------------------|-----|---------------------|-----|--------------------|-----|---------------------|-----|-------|------------------------------|
| | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | | |
| V. Livianos | 85 | 100 | 91 | 93 | 89 | 102 | 92 | 89 | 83 | 85 | 81 | 96 | 98 | 97 | 1281 | 183 |
| Buses | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 1029 | 147 |
| Camión 2DA | 32 | 33 | 36 | 37 | 32 | 43 | 34 | 35 | 29 | 34 | 30 | 38 | 35 | 40 | 485 | 69 |
| Camión 2DB | 13 | 14 | 16 | 11 | 15 | 16 | 14 | 8 | 12 | 6 | 11 | 12 | 18 | 13 | 175 | 25 |
| Camión 3A | 4 | 6 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 4 | 51 | 7 |
| Maq. V2DB | 23 | 19 | 27 | 13 | 27 | 23 | 25 | 12 | 21 | 11 | 19 | 15 | 34 | 20 | 288 | 41 |
| TOTAL | 475 | | 476 | | 500 | | 463 | | 433 | | 455 | | 509 | | 3310 | 474 |

Nota. Tabla de resultados del tráfico promedio diario semanal vehicular. Elaborado por: El autor.

Tráfico promedio diario mensual (TPDM)

Las siguientes expresiones se refieren al cálculo del TPDM (el valor de ajuste depende el mes en el cual se realiza el conteo):

$$Fs=\text{Número de Días del mes de conteo}/30$$

Mes de conteo: Abril, 2023

$$Fs=30/30$$

$$Fs=1$$

Con este ajuste se realiza el TPDM, tomando la siguiente ecuación:

$$TPDM=TPDS*Fs$$

$$TPDM=474 \text{ (veh/dia)} *1$$

$$TPDM=474 \text{ veh/dia}$$

Tabla 7.

Datos de tráfico promedio diario mensual

| Tipo de vehículo | Lunes 17 Abril | | Martes 18 Abril | | Miércoles 19 Abril | | Jueves 20 Abril | | Viernes 21 Abril | | Sábado 22 Abril | | Domingo 23 Abril | | TOTAL | Tráfico Diario Mensual |
|------------------|----------------|-----|-----------------|-----|--------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|-------------|------------------------|
| | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | | |
| V. Livianos | 85 | 100 | 91 | 93 | 89 | 102 | 92 | 89 | 83 | 85 | 81 | 96 | 98 | 97 | 1281 | 183 |
| Buses | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 1029 | 147 |
| Camión 2DA | 32 | 33 | 36 | 37 | 32 | 43 | 34 | 35 | 29 | 34 | 30 | 38 | 35 | 40 | 485 | 69 |
| Camión 2DB | 13 | 14 | 16 | 11 | 15 | 16 | 14 | 8 | 12 | 6 | 11 | 12 | 18 | 13 | 175 | 25 |
| Camión 3A | 4 | 6 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 5 | 4 | 51 | 7 |
| Maq. V2DB | 23 | 19 | 27 | 13 | 27 | 23 | 25 | 12 | 21 | 11 | 19 | 15 | 34 | 20 | 288 | 41 |
| TOTAL | 475 | | 476 | | 500 | | 463 | | 433 | | 455 | | 509 | | 3310 | 474 |

Nota. Tabla de resultados del tráfico promedio diario mensual vehicular. Elaborado por: El autor.

Tráfico promedio diario anual

Tomando como referencia datos del MTOP en la provincia de Pichincha, se obtuvo el factor mensual, para el mes de abril. La siguiente expresión demuestra el uso del factor:

$$TPDA=TPDM*Fm$$

$$Fm=1.093 \text{ según MTOP}$$

$$TPDA=474 \text{ veh/dia} *1.093$$

$$TPDA=518.08 \text{ veh/dia} \approx 518 \text{ veh/dia}$$

Tabla 8.

Datos de tráfico promedio diario anual

| Tipo de vehículo | Lunes 17 Abril | | Martes 18 Abril | | Miércoles 19 Abril | | Jueves 20 Abril | | Viernes 21 Abril | | Sábado 22 Abril | | Domingo 23 Abril | | TOTAL | Tráfico Diario Anual |
|------------------|----------------|-----|-----------------|-----|--------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|-----------------|-----|------------------|-----|-------------|----------------------|
| | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | E-O | O-E | | |
| V. Livianos | 93 | 109 | 100 | 102 | 98 | 111 | 101 | 98 | 91 | 93 | 88 | 104 | 107 | 106 | 1400 | 200 |
| Buses | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 1125 | 161 |
| Camión 2DA | 34 | 36 | 39 | 40 | 34 | 47 | 37 | 38 | 32 | 37 | 33 | 41 | 38 | 44 | 530 | 76 |
| Camión 2DB | 14 | 15 | 17 | 11 | 16 | 17 | 15 | 9 | 13 | 7 | 11 | 13 | 20 | 14 | 192 | 27 |
| Camión 3A | 5 | 7 | 2 | 3 | 5 | 2 | 5 | 3 | 3 | 2 | 5 | 3 | 6 | 5 | 56 | 9 |
| Maq. V2DB | 25 | 21 | 30 | 14 | 30 | 25 | 28 | 13 | 23 | 11 | 21 | 16 | 37 | 22 | 314 | 45 |
| TOTAL | 519 | | 520 | | 546 | | 506 | | 473 | | 497 | | 557 | | 3617 | 518 |

Nota. Tabla de resultados del tráfico promedio diario anual vehicular. Elaborado por: El autor.

Figura 8.

Factor Mensual

| MESES | FACTOR |
|------------|--------|
| Enero | 1.07 |
| Febrero | 1.132 |
| Marzo | 1.085 |
| Abril | 1.093 |
| Mayo | 1.056 |
| Junio | 1.034 |
| Julio | 1.982 |
| Agosto | 0.974 |
| Septiembre | 0.923 |
| Octubre | 0.913 |
| Noviembre | 0.869 |
| Diciembre | 0.878 |

Nota. Tabla de valores de factor mensual Fuente: Córdova (2018)

4.1.5 Proyección del tráfico actual

“Las estimaciones de tráfico se emplean para categorizar las carreteras y tienen un impacto significativo en la determinación de la velocidad de diseño y otros parámetros geométricos del proyecto.” (MOP, 2003, p. 16). Para el proyecto se usa una expresión de crecimiento general usando variables como el tráfico existente y la proyección futura generalmente de 20 años. Con esto se realiza una predicción a 20 años, usando el método de regresión lineal.

$$TPDA_{PROYECTADO} = TPDA * (1 + i)^t$$

Donde:

TPDA= Tráfico Promedio Diario Anual

i = Porcentaje de tasa de crecimiento vehicular

t = Años a proyectar

Tasa de crecimiento vehicular

Debido a que se carece de estudios sobre el crecimiento del parque automotor en la parroquia Cutuglagua, perteneciente al cantón Mejía, se optó por usar una tasa de crecimiento vehicular utilizada en la provincia de Pichincha, debido a que el estudio comprende toda la provincia se comparte muchas de las características (socioeconómicas, culturales) en las

localidades pertenecientes a la misma.

Tabla 9.

Porcentajes de crecimiento para los tipos de vehículos al 2035

| PERIODO | LIVINOS | BUSES | CAMIONES |
|----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 2015-2020 | 5,35% | 3,37% | 4,86% |
| 2021-2025 | 4,61% | 2,90% | 4,32% |
| 2026-2030 | 4,01% | 2,53% | 3,88% |
| 2031-2035 | 3,52% | 2,22% | 3,52% |

Nota. Tabla de porcentajes de crecimiento de la vía de estudio. Fuente: GADPP.

Usando la siguiente tabla, se utilizó los porcentajes de acuerdo al periodo de tiempo en el cual se ejecutará la obra vial, y su posterior uso por parte de la población:

Tabla 10.

Tasa de crecimiento 2021-2045

| PERIODO | LIVINOS | BUSES | CAMIONES |
|----------------|----------------|--------------|-----------------|
| 2021-2025 | 4,61% | 2,90% | 4,32% |
| 2026-2030 | 4,01% | 2,53% | 3,88% |
| 2031-2035 | 3,52% | 2,22% | 3,52% |
| 2035-2040 | 3,03% | 1,91% | 3,16% |
| 2040-2045 | 2,54% | 1,60% | 2,80% |

Nota. Tabla de porcentajes de crecimiento de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

Posteriormente usando los mismos porcentajes, se calculará el tráfico proyectado. La siguiente tabla muestra el TPDA para un periodo de 10 y 20 años:

Tabla 11.

Tráfico Promedio Diario Anual futuro para 10 y 20 años

| AÑO | TIEMPO | V. Livianos | Buses | Camión 2DA | Camión 2DB | Camión 3A | Maq. V2DB | TOTAL, TPDA PROYECTADO |
|------------|---------------|------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------|
| 2023 | 0 | 1400 | 1125 | 530 | 192 | 57 | 314 | 518 |
| 2028 | 5 | 1704 | 1369 | 601 | 232 | 69 | 380 | 623 |
| 2033 | 10 | 2409 | 1935 | 748 | 328 | 97 | 538 | 866 |
| 2038 | 15 | 3769 | 3028 | 994 | 523 | 155 | 857 | 1334 |
| 2043 | 20 | 6225 | 5000 | 1365 | 908 | 270 | 1489 | 2182 |

Nota. Tabla de tráfico promedio diario anual de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

Tráfico atraído o desviado (Ta)

El tráfico desviado se debe a que el proyecto del cual estamos haciendo el estudio, captara el tránsito de carreteras cercanas, debido a que mostrara mayor atractivo debido a

factores como el tiempo, seguridad entre otros. Según la normativa AASHTO, este T_a está en un rango de 5% - 8% del TPDA, en el caso de estudio presentado se ha optado por un valor de 7% como un valor medio.

Tráfico generado (T_g)

“El tráfico generado se refiere al aumento en el volumen de vehículos que circulan por una carretera después de la finalización de mejoras o construcciones. Este incremento se experimenta típicamente en los dos años posteriores a la finalización de las obras, debido a la atracción de más conductores hacia esa ruta, ya sea por su mayor comodidad, reducción de tiempos de viaje o mejoras en la infraestructura vial.” (MOP, 2003, p. 20). Considerando la norma AASHTO, el tráfico generado se encuentra entre los valores del 5% al 25% del TPDA. Para el siguiente caso de estudio se escogió un valor del 5%.

$$T_d = 5\% * TPDA$$

Asignación de tráfico

Se utiliza la expresión presentada a continuación para el cálculo del tráfico promedio diario anual final:

$$TPDA_{final} = TPDA_{PROYECTADO} + TPDA_{DESARROLLADO} + TPDA_{DESVIADO} + TPDA_{AGENERADO}$$

Al final se utilizará el TPDA de diseño para determinar la clasificación de la vía.

Tabla 12.

TPDA Diseño

| AÑO | TIEMPO | TPDA Proyectado | T_a 7% | T_g 10% | T_d 7% | TPDA Diseño |
|------|--------|--------------------|----------|-----------|----------|----------------|
| 2023 | 0 | 518 | 36 | 52 | 36 | 642 |
| 2028 | 5 | 623 | 44 | 62 | 44 | 772 |
| 2033 | 10 | 866 | 61 | 87 | 61 | 1074 |
| 2038 | 15 | 1334 | 93 | 133 | 93 | 1655 |
| 2043 | 20 | 2182 | 153 | 218 | 153 | 2706 |

Notas. Tabla de TPDA de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

4.1.6 Velocidad de Diseño

Velocidad de diseño “Se refiere a la máxima velocidad segura a la que los vehículos pueden transitar en una carretera bajo condiciones atmosféricas y de tráfico óptimas.” (MOP, 2003, p. 26). Esta velocidad es importante para los elementos del diseño geométrico vertical y horizontal de la vía. “La elección de la velocidad de diseño se basa en la importancia o categoría prevista para la carretera, en la topografía del terreno, en el nivel de servicio esperado, en el flujo de tráfico y en la capacidad financiera disponible.” (Cárdenas Grisales, 2013, p. 174).

Figura 9.

Velocidades de diseño en función del tipo de terreno y TPDA

| VELOCIDAD DE DISEÑO EN Km/h | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|----------|---|----------|--|----------|---|----------|--|----------|---|----------|
| CATEGORÍA DE LA VÍA | BÁSICA (RELIEVE LLANO) | | | | PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES | | | | | | | |
| | | | | | (RELIEVE ONDULADO) | | | | (RELIEVE MONTAÑOSO) | | | |
| | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal | | Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal | | Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | | Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal | | Para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otros dependientes de la velocidad | |
| | Recom | Absoluta | Recom | Absoluta | Recom | Absoluta | Recom | Absoluta | Recom | Absoluta | Recom | Absoluta |
| R - I o R - II | 120 | 110 | 100 | 95 | 110 | 90 | 95 | 85 | 90 | 80 | 90 | 80 |
| I | 110 | 100 | 100 | 90 | 100 | 80 | 90 | 80 | 80 | 60 | 80 | 60 |
| II | 100 | 90 | 90 | 85 | 90 | 80 | 85 | 80 | 70 | 50 | 70 | 50 |
| III | 90 | 80 | 85 | 80 | 80 | 60 | 80 | 60 | 60 | 40 | 60 | 40 |
| IV | 80 | 60 | 80 | 60 | 60 | 35 | 60 | 35 | 50 | 25 | 50 | 25 |
| V | 60 | 50 | 60 | 50 | 50 | 35 | 50 | 35 | 40 | 25 | 40 | 25 |

Notas:

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

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

- La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5.5E y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger-Protecvia" 1984 y categoría V son caminos vecinales 4 y 4E.

- En zonas con perfiles de meteorización profundo (estribaciones) requiriran de un diseño especial considerando los aspectos geológicos.

- Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd min a 20, km/h

Nota. Tabla de velocidades de diseño. Fuente: (MOP, 2003, p. 31).

Según el análisis de tráfico, se determinó que la carretera corresponde a la Categoría II, con un terreno montañoso, y se asignó una velocidad de diseño absoluta de 50 km/h.

4.1.7 Determinación de la clase de vía acuerdo con el Tráfico

Basándose en las proyecciones de tráfico para los próximos 20 años, el diseño de la vía de acceso al barrio "Santo Domingo" se planifica conforme a una carretera clasificada como TIPO II, con la función de CAMINO COLECTORA. Estos parámetros se rigen por las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (MTO, 2003), tal como se detalla a continuación:

Figura 10.

Clasificación de Carreteras basada en su función. Clase MOP y tráfico

| FUNCION | CLASE DE CARRETERA (según MOP) | TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO) |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| CORREDOR ARTERIAL | RI - RII (2) | >8000 |
| | I | 3000 – 8000 |
| COLECTORA | II | 1000 – 3000 |
| VECINAL | III | 300 – 1000 |
| | IV | 100 – 300 |
| | V | < 100 |

Nota. Tabla de la clasificación de carreteras. Fuente: (MOP, 2003, p. 24).

4.1.8 Cálculo de ejes equivalentes (Método ASSHTO)

Al aplicar el método AASHTO, es esencial considerar el factor de daño que los vehículos producen, también conocido como factor de equivalencia de carga. Según la norma AASHTO (1993), este factor indica el nivel de deterioro, ya sea mayor o menor, que un vehículo comercial provoca en una calzada en comparación con un eje estandarizado de 8.2 toneladas. Este factor representa el número de repeticiones de carga que pasa el eje normalizado de 8.2 toneladas.

$$FDV = \sum FEC_i$$





Considerando esta premisa, se procederá a calcular los factores de equivalencia de carga para cada tipo de eje basado en el ESAL (Carga Axial Simple Equivalente), proyectado para el lapso estimado de 20 años.

Factores Equivalencias de Carga

La tabla a continuación presenta fórmulas simplificadas utilizadas para determinar los factores de equivalencia de carga relacionados con los distintos tipos de ejes comúnmente observados en una vía:

Figura 11.

Fórmulas Simplificadas para el Cálculo del Factor de Equivalencia de Carga

| TIPO DE EJE | CONFIGURACION | FORMULA |
|---------------------|---|---|
| SIMPLE RUEDA SIMPLE |  | $F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{6,6}\right)^4$ |
| SIMPLE RUEDA DOBLE |  | $F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{8,2}\right)^4$ |
| TANDEM |  | $F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{15}\right)^4$ |
| TRIDEM |  | $F.E.C = \left(\frac{\text{Carga del eje}}{23}\right)^4$ |

Nota. Fórmulas para el cálculo del factor de equivalencia de carga Fuente: (Higuera Sandoval, 2010).

Se uso el método simplificado para el cálculo del número de ejes equivalentes del año base de todas las clases de vehículos, en función de FEC (factor equivalente) y el TPDA, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13.

Factores equivalentes de carga

| Tipo de vehículo | TPDA | Tipo de eje | Carga (Ton/Eje) | F.E.C | ESAL's | Ni |
|------------------|------------|-------------|-----------------|--------|---------|-------------|
| V. Livianos | 200 | S-R-S | 3 | 0,043 | 8,538 | 36 |
| | | S-R-S | 4 | 0,135 | 26,986 | |
| Buses | 161 | S-R-S | 7 | 1,265 | 203,308 | 1050 |
| | | S-R-S | 10 | 5,270 | 846,763 | |
| Camión 2DA | 76 | S-R-S | 3 | 0,043 | 3,233 | 43 |
| | | S-R-D | 7 | 0,531 | 40,224 | |
| Camión 2DB | 27 | S-R-S | 7 | 1,265 | 34,645 | 123 |
| | | S-R-D | 11 | 3,238 | 88,663 | |
| Camión 3A | 9 | S-R-S | 7 | 1,265 | 11,388 | 155 |
| | | Tándem | 20 | 16,000 | 144,000 | |
| Maq. V2DB | 45 | S-R-S | 7 | 1,265 | 56,843 | 403 |
| | | S-R-D | 11 | 7,716 | 346,623 | |
| TOTAL | 518 | | | | | 1811 |

Nota. Tabla de factores de carga de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

Para el cálculo se utilizó la siguiente expresión:

$$Nt = N * Fc * Fd * 365 * \frac{(1 + i)^n - 1}{i}$$

Donde:

- N: Numero de ejes equivalentes al inicio del periodo de diseño
- Fc: Factor Carril
- Fd: Factor Dirección
- i: Tasa de Crecimiento
- n: Número de años a Proyectarse
- Nt: Numero de ejes Equivalentes

Factor Carril (Fc)

Debido a que se consideró dos carriles, se tomó el valor de este factor (Fc) de 0.9, como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 14.

Factor Carril

| FACTOR CARRIL (Fc) | |
|--------------------|------|
| Nº Carril | Fc |
| 1 | 1 |
| 2 | 0,9 |
| 3 | 0,75 |
| 4 | 0,5 |

Nota. Tabla de factores de carril. Fuente (Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993, p. 9)

Factor Dirección (Fd)

Generalmente este factor se encuentra dentro de un rango de entre 40% a 60%, por lo cual se tomó un valor intermedio de 0.5, debido a que la mitad del tránsito pasa en las dos direcciones.

A continuación, se presentan los valores correspondientes al factor de dirección en la tabla proporcionada:

Tabla 15.

Factor Dirección

| FACTOR DIRECCION (Fd) | |
|-----------------------|-----|
| Porcentajes | Fd |
| 40 - 60 % | 0,5 |
| 70 - 30 % | 0,7 |
| 100% | 1 |

Nota. Tabla de factor dirección para la vía de estudio. Fuente: (Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, 1993)

Las siguientes tablas muestran los valores calculados del número de ejes equivalentes para los siguientes periodos de tiempo 10 años y 20 años respectivamente:

Tabla 16.

Cálculo ESAL's de diseño para 10 años

| Tipo de vehículo | Nd | Fc | Fd | Periodo a proyectar | Nt |
|------------------|------|-----|-----|-----------------------|---------|
| Buses | 1050 | | | | 1907650 |
| Camión 2DA | 43 | | | | 83816 |
| Camión 2DB | 123 | 0,9 | 0,5 | 10 | 237821 |
| Camión 3A | 155 | | | | 299692 |
| Maq. V2DB | 403 | | | | 778150 |
| TOTAL | 1776 | | | Total, ESAL's 10 años | 3307127 |

Nota. Tabla de cálculo ESAL's para 10 años de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

Tabla 17.

Cálculo ESAL's de diseño para 20 años

| Tipo de vehículo | Nd | Fc | Fd | Periodo a proyectar | Nt |
|------------------|-------------|-----|-----|------------------------------|----------------|
| Buses | 1050 | | | | 4027743 |
| Camión 2DA | 43 | | | | 187945 |
| Camión 2DB | 123 | 0,9 | 0,5 | 20 | 533280 |
| Camión 3A | 155 | | | | 672017 |
| Maq. V2DB | 403 | | | | 1744893 |
| TOTAL | 1776 | | | Total, ESAL's 20 años | 7165878 |

Nota. Tabla de cálculo ESAL's para 20 años de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

Según los datos obtenidos, se procederá al diseño estructural del pavimento considerando un período de vida útil de 20 años, para ello se utilizarán 7,165,878 ejes equivalentes de 8.2 toneladas para el ingreso alternativo al barrio "Santo Domingo".

4.2 Estudio Geológico y Geotecnia

4.2.1 Localización del Proyecto

El presente proyecto se encuentra ubicada abscisa 1+100 a la abscisa 2+400 del ingreso alternativo al barrio "Santo Domingo", parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha, cuenta con las siguientes coordenadas geográficas: Latitud 0°22'35" S, Longitud 78°33'34" O.

Figura 12.

Ubicación del proyecto



Nota. La línea roja representa el tramo de vía a diseñar en este proyecto técnico. Elaborado por: El autor.

Tabla 18.

Coordenadas UTM del proyecto

| Ubicación | Coordenadas UTM | Cota (m.s.n.m) |
|------------------|--|-----------------------|
| INICIO | Abscisa 2+400 9958678 Norte; 771269 Este | 3067 |
| FINAL | Abscisa 1+100 9957705 Norte; 771834 Este | 2953 |

Nota. Coordenadas UTM WGS 84 Z17N del proyecto Km 1+100 - Km 2+400 vial inician en la vía ingreso alterno al barrio “Santo Domingo”, parroquia de Cutuglagua. Elaborado por: El autor.

El proyecto se encuentra localizado en las siguientes coordenadas UTM:

Punto de partida ubicado al finalizar el nuevo puente de concreto de la va de ingreso al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua con coordenadas: Zona UTM 17 M; 9957705 Norte; 771834 Este, Cota: 2953 m.s.n.m.

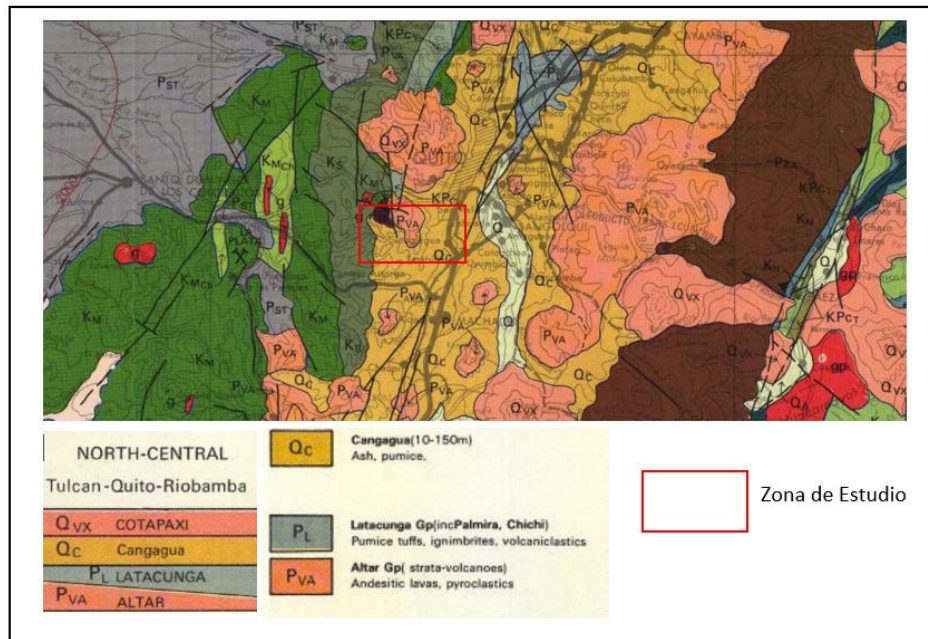
Punto de llegada ubicado cerca a la “Escuela Santo Domingo de Cutuglagua” con coordenadas: Zona UTM 17 M; 9958678 Norte; 771269 Este; Cota: 3067 m.s.n.m.

4.2.2 Descripción Geológica de la zona de Estudio

La geología del sector se ha determinado mediante una carta geológica del sitio, en este caso el mapa de la Sierra Centro-Norte. La disposición de la superficie de la zona se debe principalmente a eventos de tipo geológico causado por el movimiento de las placas que cruzan el país, el accionar de las mismas ocasionan fallas en una dirección característica en la provincia (en sentido de la Cordillera de los Andes) y también en las unidades lito estratigráficas.

Figura 13.

Mapa geológico



Nota. La línea roja representa el lugar este proyecto técnico. Elaborado por: El autor.

Se puede notar en el mapa geológico que en la parroquia donde se ubica el proyecto (Cutuglagua), presenta depósitos de ceniza, debido a su ubicación en las faldas de la Cordillera anteriormente se encontró un lago donde se depositó ceniza que fue llevada por el viento, algunas de las características de esta son: color café oscuro, grano fino, se puede encontrar trazas de pómez y aglomerado. Además, que en la carta se observó la ausencia de fallas geológicas en el sitio de interés.

4.2.3 Propiedades Físicas de la Sub-rasante

Se tomará en cuenta que la capa de suelo sobre la que se construirá la capa de rodadura de la vía también conocido como subrasante, cuenta con una función importante en la estabilidad y resistencia de la estructura de las carreteras, es por esto que es necesario entender el comportamiento de la subrasante, para ello se analizara las propiedades físicas:

- Comportamiento ante las cargas
- Evaluación de la resistencia

- Capacidad de drenaje

Teniendo conocimiento de estas propiedades, tendremos certeza de la durabilidad y funcionalidad de las vías a su vez se podrá optimizar costos y materiales en el diseño; y también el tiempo en el que haremos el mantenimiento de la misma.

Contenido de humedad

El contenido de humedad se define como una proporción que expresa, en porcentaje, la cantidad de agua presente en los poros o como agua libre en un material específico con respecto a su masa sólida. Se utiliza una temperatura estándar de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para medir estas masas, según lo establecido en la Norma ASTM D-2219-98 (1998, p. 2). Dada esta definición, esta característica es esencial para comprender el comportamiento y estimar la cantidad de agua presente en un suelo determinado.

Granulometría

Entre otras de las características físicas esta la granulometría que no es más que conocer el tamaño de las partículas del suelo, así lo define el siguiente autor:

La prueba destinada a cuantificar la distribución de los distintos tamaños de partículas presentes en un suelo es conocida como análisis granulométrico. Existen diversos métodos para llevar a cabo esta determinación en la composición del suelo. Por ejemplo, para separar las partículas de mayor tamaño por sus dimensiones, el método más práctico es el tamizado. Sin embargo, a medida que las partículas se vuelven más finas, el tamizado se vuelve menos efectivo, lo que lleva a la necesidad de utilizar métodos basados en la sedimentación (Montejo Fonseca, 2001, p. 63). Estos métodos permiten analizar las fracciones más pequeñas y precisas del suelo, siendo esenciales para comprender su composición y comportamiento.

Para ello realizamos ensayos para cribar el material, para el proyecto que se realiza, el ensayo cuenta con las siguientes características:

- Secado al horno del material
- Tamiz de mayor diámetro de abertura es de 1/2''
- Tamiz de menor diámetro de abertura es el N°200

Límites de Atterberg

Limite Plástico (LP): se define como el porcentaje del contenido de agua en el límite entre el estado semisólido y plástico. Este es determinado de la siguiente manera: se aplica presión alternadamente junta y rodillada en el rango de un diámetro de 0.32 cm o 1/8 in, se debe formar un hilo con una porción de suelo plástico hasta que el contenido de agua se reduce para hacer que este hilo se desmigaje y ya no pueda prolongarse al aplicar presión. Seguido de esto se debe secar los bastoncillos y el contenido de humedad se debe registrar y esto será conocido como el límite plástico. (Norma ASTM D 4318, 1984). Limite Liquido (LL): se define como la mayor cantidad de humedad del suelo sin cruzar del estado plástico al liquido también es el estado en que la resistencia al corte del suelo es muy baja tal que el mínimo esfuerzo hace que el suelo fluya. (Montejo Fonseca, 2001, p. 63)

El índice de plasticidad se determina mediante la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, lo que representa el contenido de humedad específico que el suelo se mantiene en un estado plástico antes de pasar a su estado líquido, como se explica en Montejo Fonseca (2001, p. 63).

Clasificación de suelos

Para establecer la clasificación de los suelos, se describen dos métodos: Clasificación SUCS y Clasificación AASHTO, estos dependen del tipo de proyecto, pero usualmente se usa cualquiera de los dos métodos antes descritos:

Clasificación SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, comúnmente conocido por sus siglas SUCS, fue concebido por Casagrande en 1942. Su regulación principal se encuentra en la Norma ASTM D 2487. Este sistema es ampliamente empleado en trabajos de ingeniería geotécnica. Se fundamenta principalmente en los límites de Atterberg y la distribución de tamaños de partículas (granulometría) para determinar la clasificación de los suelos existentes. Esta metodología proporciona una forma estandarizada y efectiva de identificar y clasificar los diversos tipos de suelos con fines geotécnicos, como se explica en el libro de Braja M. (2001).

Características:

- La diferencia entre suelos gruesos y finos están dados por la cantidad de material que pasa por el tamiz No 200
- Se considera suelo grueso si este es más del 50% de las partículas que son retenidas en el tamiz No 200
- Se considera suelo fino si partículas de este tipo, que pasan por el tamiz No 200 son de más de 50% (Braja M., 2001)

En el caso del suelo grueso se divide entre gravas y arenas (con simbología G y S respectivamente), estos se dividen con el tamiz No. 4, de forma que un suelo es parte de las gravas (Grupo G) si más del 50% de la masa de su fracción más grande queda retenida en el tamiz No. 4, de ser lo contrario será arena (Grupo S).

Existen cuatro divisiones en estos grupos: para gravas (GW, GP, GM, GC) y para arenas (SW, SP, SM, SC). (Braja M., 2001). En suelos finos se clasifican en tres grupos: limos

inorgánicos, arcillas inorgánicas y limos y arcillas orgánicas (con simbología M, C y O respectivamente). A su vez como en el caso del suelo grueso estos tipos de suelos se dividen debido a su límite líquido. Teniendo para: limos inorgánicos de alta y baja plasticidad (MH y ML respectivamente), arcillas inorgánicas de alta y baja plasticidad (CH y CL respectivamente) y para limos y arcillas orgánicas de alta y baja plasticidad (OH y OL respectivamente). Existe una categoría especial el cual es altamente orgánico tales como las turbas que según la simbología es Pt: (Braja M., 2001)

Clasificación AASHTO

Es un sistema creado por la American Association of State Highway and Transportations Officials (AASHTO), al igual que el anterior sirve para clasificar el suelo, es usado en el diseño y ejecución de obras de infraestructura vial. La normativa que regula este sistema es la ASTM D-3282

Según Braja (2001) este sistema clasifica el suelo en ocho grupos desde el A1 al A8, siendo el A1 el de mayor calidad y el A7 tiene la menor capacidad de resistencias, (también este se divide en doce subgrupos). El suelo tipo A8 es lodo, turba o suelo de tipo altamente orgánico. Desde el suelo A1 al A3 se clasifica como suelo granular, en cambio desde el A4 al A7 se clasifica como suelo fino.

Para la clasificación se considera: el límite líquido, índice de plasticidad y el porcentaje de material que pasa por el tamiz No 200.

Ensayos de Laboratorio

Para el estudio del suelo se realizarán sondeos directos en este caso calicatas (debido a esto serán muestras alteradas), con esto se ensayarán todas las características de suelo para su posterior diseño. Generalmente para proyectos de este tipo, se hacen calicatas en un rango de distancia de entre 250 m a 500 m. Para este diseño que se realizara se harán sondeos cada medio kilómetro.

La muestra se ha extraído a una profundidad de 1.00 m a 1.50 m, se debe tratar con mucho cuidado estas muestras ya que, al estar alteradas, estas cambian sus propiedades (como el contenido de húmedas entre otras). Se deberá colocar etiquetas describiendo su número de calicata, abscisado, margen de la vía y profundidad; para su posterior traslado al Laboratorio pertinente (en este caso Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales).

Tabla 19.

Ubicación de las calicatas

| Calicata N° | Abscisa | Margen de muestreo |
|--------------------|----------------|---------------------------|
| C1 | 1+200 | L. Derecho |
| C2 | 1+700 | L. Izquierdo |
| C3 | 2+300 | L. Izquierdo |

Nota. Tabla con la ubicación de las calicatas de la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

La siguiente tabla muestra los resultados de los estudios de suelos de cada calicata.

Según la metodología SUCS y AASHTO:

Tabla 20.

Resumen ensayos Clasificación SUCS-AASHTO

| | CALICATA C1 | CALICATA C2 | CALICATA C3 |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Abscisa | 1+200 | 1+700 | 2+300 |
| Margen | L. Derecho | L. Izquierdo | L. Izquierdo |
| Profundidad | 1.00 m – 1.50 m | 1.00 m – 1.50 m | 1.00 m – 1.50 m |
| Granulometría | | | |
| 1/2'' | 100 | 100 | 100 |
| 3/8'' | 100 | 100 | 100 |
| N°4 | 98 | 97 | 85 |
| N°10 | 91 | 90 | 75 |
| N°40 | 72 | 72 | 59 |
| N°200 | 21 | 19 | 24 |
| Humedad Natural (%) | 29,03% | 26,86% | 23,50% |
| Limite Liquido | 40 | 38 | 31 |
| Índice Plástico | 11 | 11 | 8 |
| Clasificación SUCS | SC | SC | SC |
| Clasificación AASHTO | A-2-6 | A-2-6 | A-2-4 |

Nota. Tabla resumen estudios de suelos de la vía de estudio. Elaborado por: El autor a través de LDMS 2023.

4.2.4 Propiedades mecánicas de la Sub-rasante

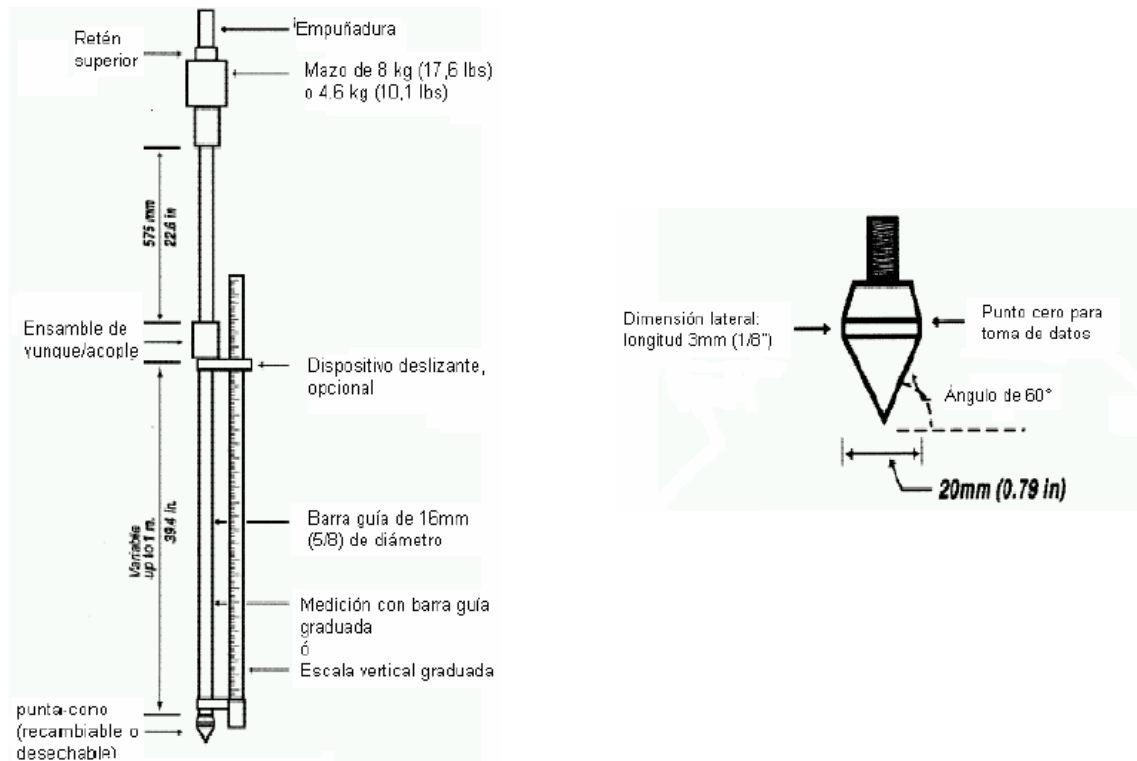
Un parámetro importante para el diseño vial es la evaluación de la capacidad de carga, el método más utilizado es el CBR (según sus siglas California Bearing Ratio), aunque este método requiere de mucho tiempo y mano de obra. Para ello se han dispuesto algunas correlaciones como con el ensayo del DCP (según sus siglas Dynamic Cone Penetrometer), siendo un ensayo más sencillo y rápido para su posterior correlación con el CBR in situ.

El DCP cuenta con las siguientes ventajas como tener un equipo portátil y versátil, este nos permite obtener la resistencia y la densidad del suelo de forma directa y rápida. Con el ensayo del DCP en el suelo, tenemos datos confiables de la resistencia y la capacidad que tiene el suelo para soportar cargas.

La norma ASTM D-6951-03 establece el método estándar para la ejecución del ensayo DCP en pavimentos. Para la prueba se usa un equipo DCP (basado en el dimensionamiento Sowers), este consta de un martillo de 8 kg (de acuerdo con la normativa), se levanta el martillo a 57.5 cm y se deja caer (caída libre), debido a esto se genera energía que provoca el hundimiento del cono dentro del suelo.

Figura 14.

Gráfico del equipo de ensayo DCP



Nota. Se presenta una disposición general del equipamiento de ensayos de penetración dinámica (DCP).
P. Fuente: ASTM D-6951-03

Como ya se expuso anteriormente se puede correlacionar el CBR (in situ), con el índice del DCP. Según la siguiente expresión (de acuerdo con el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos):

$$\text{CBR} = 292 / \text{DCP}^{1.12}$$

La expresión es válida para todos los suelos, caso especial en suelos de tipo arcilla con baja plasticidad (CL), con un CBR menor de 10 y arcillas de alta plasticidad (CH), (se deben usar otras expresiones para el cálculo de los suelos anteriormente descritos).

Las siguientes tablas presentan los datos obtenidos de los ensayos de DCP para cada calicata y su respectiva correlación con el CBR, además de su respectivo gráfico de Penetración vs número de golpes.

Tabla 21.

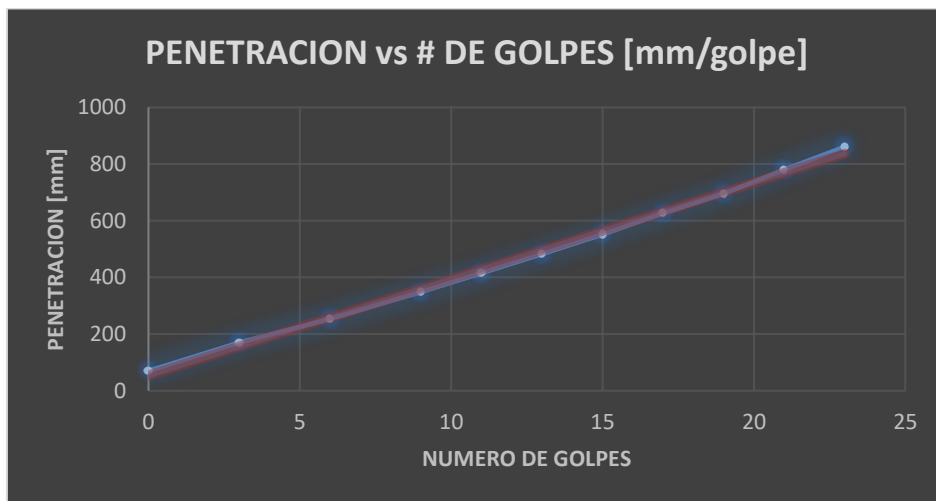
Resultados de ensayos DCP – Calicata C1

| N° | Numero de golpes acumulados | Número de golpes | Penetración Acumulada (mm) | Penetración Entre Lecturas (mm) | Penetración por golpe (mm/golpe) | Factor del martillo | Índice DCP mm/golpe | CBR % |
|----|-----------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 70 | 70 | - | 1 | - | - |
| 2 | 3 | 3 | 170 | 100 | 33,33 | 1 | 33,33 | 5,75 |
| 3 | 6 | 3 | 253 | 83 | 27,67 | 1 | 27,67 | 7,09 |
| 4 | 9 | 3 | 348 | 95 | 31,67 | 1 | 31,67 | 6,09 |
| 5 | 11 | 2 | 415 | 67 | 33,50 | 1 | 33,50 | 5,72 |
| 6 | 13 | 2 | 483 | 68 | 34,00 | 1 | 34,00 | 5,63 |
| 7 | 15 | 2 | 552 | 69 | 34,50 | 1 | 34,50 | 5,53 |
| 8 | 17 | 2 | 626 | 74 | 37,00 | 1 | 37,00 | 5,12 |
| 9 | 19 | 2 | 695 | 69 | 34,50 | 1 | 34,50 | 5,53 |
| 10 | 21 | 2 | 780 | 85 | 42,50 | 1 | 42,50 | 4,38 |
| 11 | 23 | 2 | 861 | 81 | 40,50 | 1 | 40,50 | 4,62 |

Nota. Elaboración Penetrómetro Dinámico de Cono según la norma ASTM D 6951-03. Elaborado por: El autor.

Figura 15.

Grafica Penetración en función del número de golpes – Calicata C1



Nota. Se presenta el gráfico con los resultados obtenidos del ensayo DCP llevado a cabo en la calicata número 1. Elaborado por: El autor.

Tabla 22.

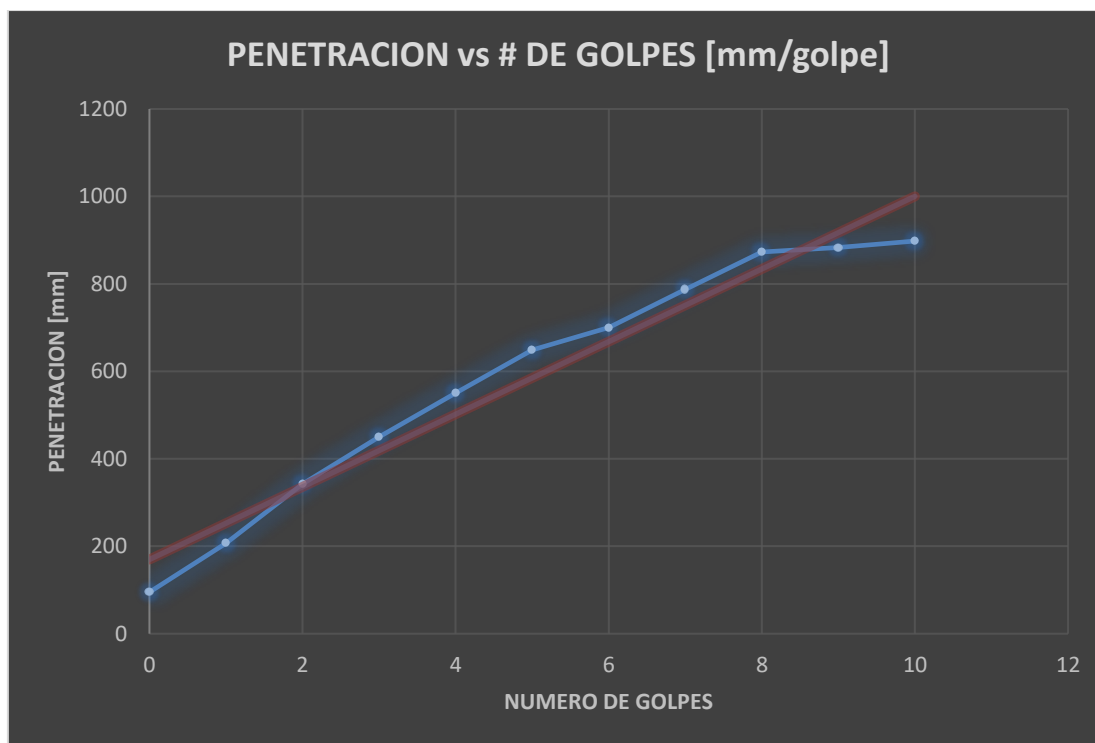
Resultados de ensayos DCP – Calicata C2

| N° | Numero de golpes acumulados | Numero de golpes | Penetración Acumulada (mm) | Penetración Entre Lecturas (mm) | Penetración por golpe (mm/golpe) | Factor del martillo | Índice DCP mm/golpe | CBR% |
|----|-----------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 95 | 95 | - | 1 | - | - |
| 2 | 1 | 1 | 207 | 112 | 112,00 | 1 | 112,00 | 1,48 |
| 3 | 2 | 1 | 342 | 135 | 135,00 | 1 | 135,00 | 1,20 |
| 4 | 3 | 1 | 510 | 168 | 168,00 | 1 | 168,00 | 0,94 |
| 5 | 4 | 1 | 590 | 80 | 80,00 | 1 | 80,00 | 2,16 |
| 6 | 5 | 1 | 649 | 59 | 59,00 | 1 | 59,00 | 3,03 |
| 7 | 6 | 1 | 700 | 51 | 51,00 | 1 | 51,00 | 3,57 |
| 8 | 7 | 1 | 747 | 47 | 47,00 | 1 | 47,00 | 3,91 |
| 9 | 8 | 1 | 873 | 126 | 126,00 | 1 | 126,00 | 1,30 |
| 10 | 9 | 1 | 883 | 10 | 10,00 | 1 | 10,00 | 22,15 |
| 11 | 10 | 1 | 898 | 15 | 15,00 | 1 | 15,00 | 14,07 |

Nota. Elaboración del Penetrómetro Dinámico de Cono según la norma ASTM D 6951-03. Elaborado por: El autor.

Figura 16.

Gráfica Penetración en función del número de golpes – Calicata C2



Nota. Se presenta el gráfico con los resultados obtenidos del ensayo DCP llevado a cabo en la calicata número 2. Elaborado por: El autor.

Tabla 23.

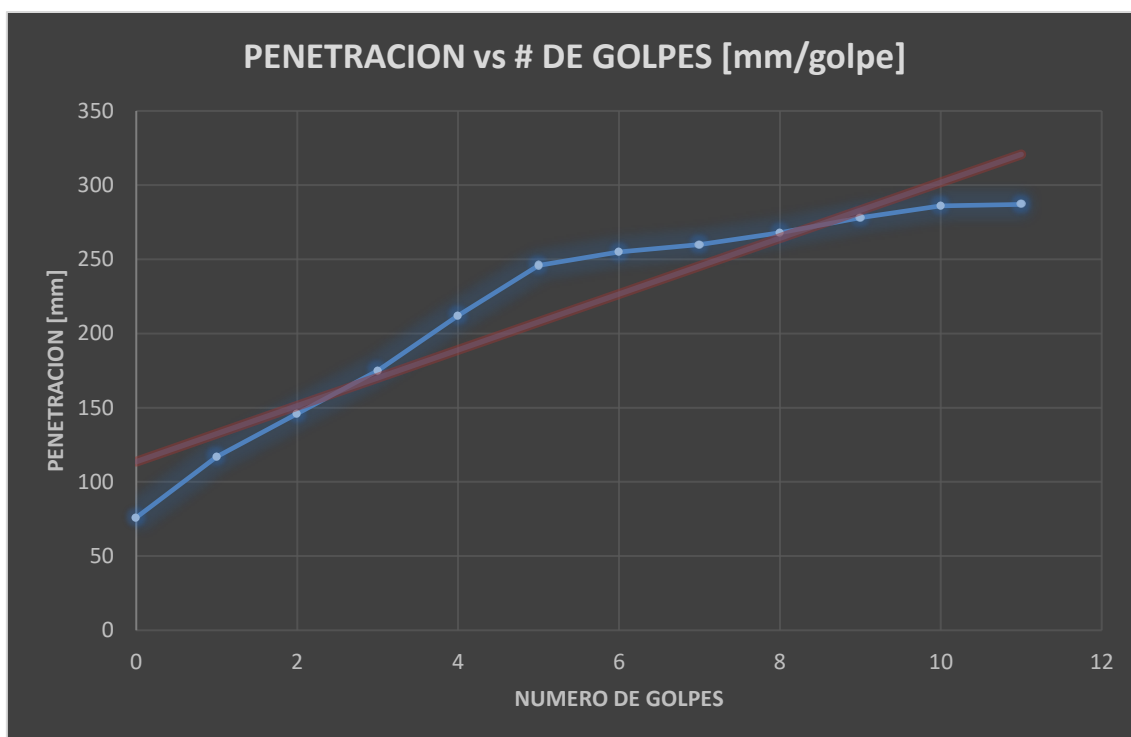
Resultados de ensayos DCP – Calicata C3

| Nº | Numero de golpes acumulados | Numero de golpes | Penetración Acumulada (mm) | Penetración Entre Lecturas (mm) | Penetración por golpe (mm/golpe) | Factor del martillo | Índice DCP mm/golpe | CBR% |
|----|-----------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|---------------------|-------|
| 1 | 0 | 0 | 76 | 76 | - | 1 | - | - |
| 2 | 1 | 1 | 117 | 41 | 41,00 | 1 | 41,00 | 4,56 |
| 3 | 2 | 1 | 146 | 29 | 29,00 | 1 | 29,00 | 6,72 |
| 4 | 3 | 1 | 175 | 29 | 29,00 | 1 | 29,00 | 6,72 |
| 5 | 4 | 1 | 212 | 37 | 37,00 | 1 | 37,00 | 5,12 |
| 6 | 5 | 1 | 246 | 34 | 34,00 | 1 | 34,00 | 5,63 |
| 7 | 6 | 1 | 255 | 9 | 9,00 | 1 | 9,00 | 24,92 |
| 8 | 7 | 1 | 260 | 5 | 5,00 | 1 | 5,00 | 48,14 |
| 9 | 8 | 1 | 268 | 8 | 8,00 | 1 | 8,00 | 28,44 |
| 10 | 9 | 1 | 278 | 10 | 10,00 | 1 | 10,00 | 22,15 |
| 11 | 10 | 1 | 286 | 8 | 8,00 | 1 | 8,00 | 28,44 |

Nota. Resultados del Penetrómetro Dinámico de Cono según la norma ASTM D 6951-03. Elaborado por: El Autor.

Figura 17.

Gráfica Penetración en función del número de golpes – Calicata C3



Nota. Se presenta el gráfico con los resultados obtenidos del ensayo DCP llevado a cabo en la calicata número 3. Elaborado por: El autor.

Se muestra un resumen del ensayo: N° Ensayo (de acuerdo con el suelo de la calicata ensayada) y CBR. Aparte el CBR de diseño que se utilizara en el diseño del proyecto.

Tabla 24.

Resultados CBR de las Calicatas

| N° Ensayo | Ensayo | CBR [%] |
|-----------|--------|---------|
| C1 | CBR | 5,55 |
| C2 | CBR | 5,13 |
| C3 | CBR | 18,08 |

Nota. Valores de CBR del ensayo DCP en las calicatas. Elaborado por: El Autor

CBR de Diseño (%) = 9.58

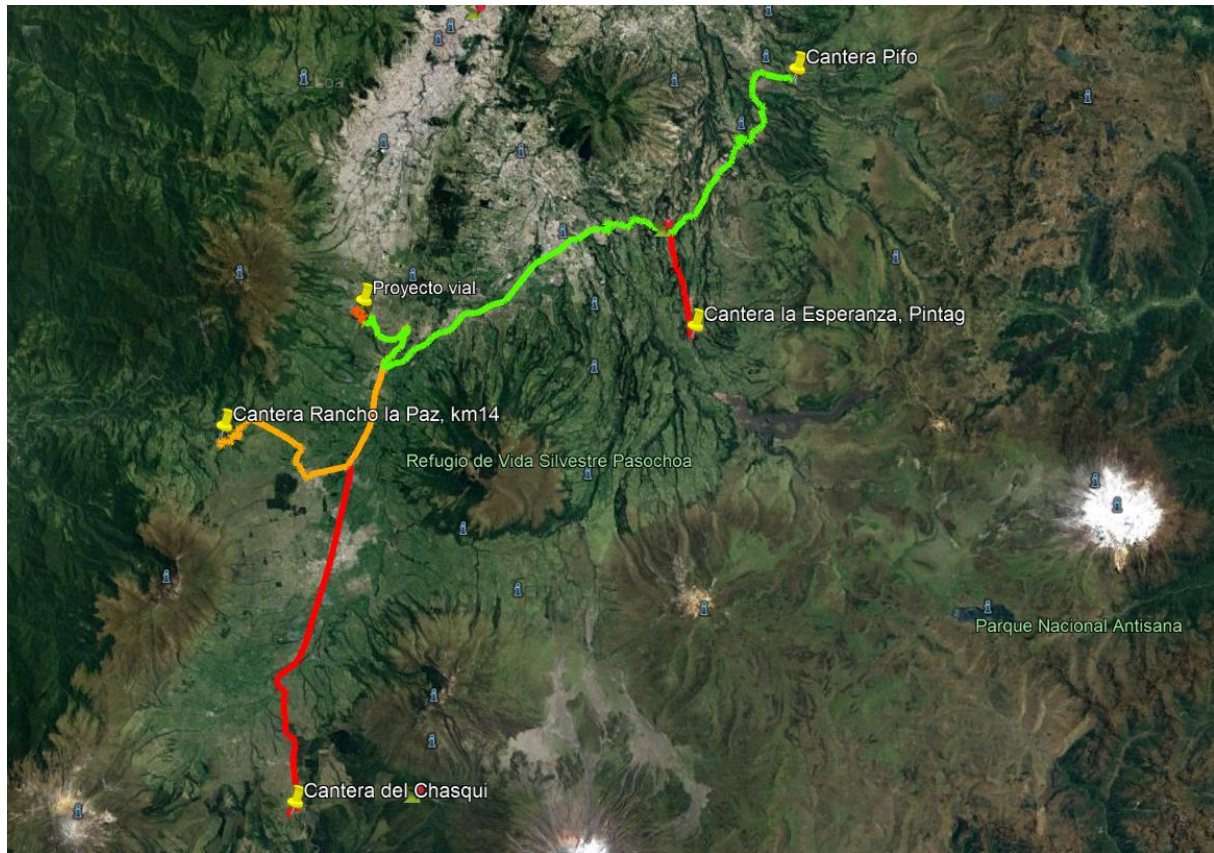
4.2.5 Análisis de fuentes de material pétreo

Se han identificado canteras cercanas al sitio de interés, tomando en cuenta que se optimizara el costo y tiempo de transporte del material pétreo. A continuación, se muestran las distancias a recorrer desde la ubicación de la mina hacia el proyecto:

- Cantera “Rancho la Paz”, km14: Ubicada a 29 Km del proyecto Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.
- Cantera el Chasqui: Ubicada a 39 Km del proyecto Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.
- Cantera “La Esperanza, Pintag”: Ubicada a 41 Km del proyecto Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.
- Cantera Pifo: Ubicada a 51 Km del proyecto Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.

Figura 18.

Ubicación de las canteras y mina



Nota. Las líneas de colores representan la ruta entre la mina y el sitio del proyecto. Elaborado por: El Autor.

4.2.6 Clasificación de los materiales de las minas

El propósito principal del proyecto vial radica en adquirir los materiales esenciales para la construcción de la estructura de pavimento, que incluye Mejoramiento, Sub-Base y Base. Se ha llevado a cabo un análisis de varias canteras próximas para identificar el material más idóneo acorde con las necesidades del proyecto. En este proceso, se ha contado con la cooperación del Gad Municipal del Cantón Mejía, el cual ha proporcionado estudios sobre los materiales disponibles en la zona.

La cantera elegida para abastecer el diseño vial es la MINERÍA RANCHO LA PAZ, ubicada en la provincia de Pichincha, específicamente en el Km 14 de la vía Alóag – Santo Domingo de los Tsáchilas, perteneciente a la parroquia Alóag, en el Cantón Mejía. Se adjuntan en los anexos correspondientes.

4.3 Diseño Geométrico de la Vía

El diseño geométrico es una parte fundamental del diseño, planificación y ejecución de la infraestructura vial. Este se tendrá como un pilar de vital importancia en la elaboración de un trazado seguro, de manera en que el usuario optimice su viaje y sea agradable tanto para el cómo el vehículo que lleva. Para esto se deberá considerar factores como: el relieve del sector, el bienestar y el transporte de bienes y personas de la comunidad.

Para ello la planificación debe ser optima, para ello la persona a cargo del diseño, tendrá en cuenta aspectos tanto propios y ajenos del diseño tales como: el tráfico que circulará al momento de ejecutar la construcción de la vía: puntos claves de la zona y la cuan segura será la vía para los conductores.

Se llevará a cabo antes la obtención de datos como: topografía y conteo vehicular; con estos datos obtendremos parámetros importantes para el diseño como: ancho, curva, pendientes y accesos de la vía. Para (Rolón, 2012): Se tiene como principal objetivo optimizar las condiciones del tráfico y el cuidado del entorno, asumiendo las necesidades de los caminos a proyectarse, cumpliendo la Normativa de Diseño vigente en el país en donde se elaborará el proyecto. Para ello el uso de software especializado es de gran ayuda, ya que permite un diseño más sencillo y rápido.

4.3.1 Características para la definición del trazado

4.3.1.1 Características Humanas.

Para una planificación integral, no se debe descuidar las características propias de la población para asegurar cuan segura será la ruta y cuan oportuna será para las personas de la parroquia en este caso. Para ello se pondrá énfasis en la capacidad socioeconómica y el enfoque en la producción del sector, además de la posterior colocación de señalización identificando puntos importantes del área donde es la implantación.

4.3.1.2 Características del Vehículo.

Para un buen diseño, se considerará el tipo de vehículo en base a que no es lo mismo un vehículo ligero y un transporte de carga. Debido a esto el diseño deberá dar una solución funcional y que confiera confianza al conductor de cada vehículo que transite por la zona. Según la norma vigente en el país (Normas de Diseño Geométrica de Carreteras), proporciona una tabla en función del volumen de tránsito.

Tabla 25.

Velocidad de circulación

| Velocidad de diseño en Km/h | Velocidad de circulación en Km/h | | |
|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | Volumen de tránsito bajo | Volumen de tránsito intermedio | Volumen de tránsito alto |
| 25 | 24 | 23 | 22 |
| 30 | 28 | 27 | 26 |
| 40 | 37 | 35 | 34 |
| 50 | 46 | 44 | 42 |
| 60 | 55 | 51 | 48 |
| 70 | 63 | 59 | 53 |
| 80 | 71 | 66 | 57 |

Nota. Tabla de velocidades de circulación. Fuente: (Normas De Diseño Geométrico De Carreteras, 2003).

4.3.1.3 Características de Diseño.

Al definir el diseño, se tendrá que analizar las propiedades propias del diseño para aumentar la eficiencia y la sensación de seguridad que la vía confiera a la población. Las propiedades estarán enfocadas en aspectos técnicos y de diseño geométrico de la ruta. Los parámetros de diseño tanto técnicos y geométricos estarán regulados por la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Publicas puesto que de esta dispondremos de información útil para el diseño como el tipo de vía, el tamaño de la calzada, la longitud de las curvas, el radio de giro de estas, entre otros.

4.3.2 Alineamiento horizontal

El diseño horizontal estará dado por la topografía del sitio, las líneas de fabrica existentes, en caso de que haya una vía previa se tomara la ruta preexistente; y con esto se

procederá al diseño con la ayuda de programas informáticos y de acuerdo con la reglamentación de diseño propia del país.

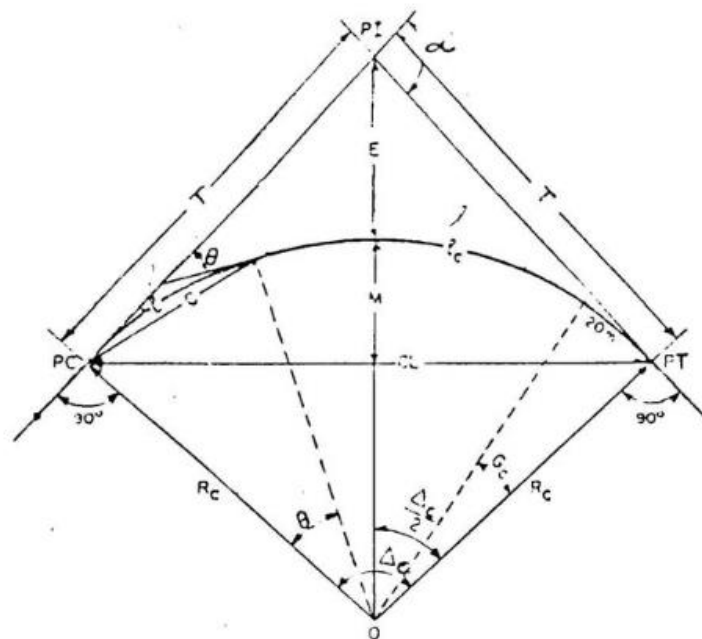
Curvas Circulares.

Este tipo específico de curvas se caracteriza por presentar segmentos rectos que conectan en ambas direcciones. Estas curvas están definidas por un punto de inicio denominado "Pc" y un punto final denominado "Pt", compuesto a su vez por el radio de curvatura y el ángulo de deflexión. Con esta información, es posible calcular la longitud y la cuerda propia de la curva. En el contexto nacional, la autoridad competente define estas curvas circulares como "arcos de círculo que constituyen la proyección horizontal de las curvas utilizadas para conectar dos tangentes consecutivas, pudiendo ser simples o compuestas" (MOP, 2003, p. 36).

La siguiente figura muestra los elementos de la curva circular:

Figura 19.

Elementos de la curva circular simple



Nota. Se muestran los principales elementos de una curva circular. Fuente: (Normas de diseño geométrico de carreteras MOP, 2003).

Donde:

PI = Punto de intersección de la prolongación de las tangentes

PC = Punto en donde empieza la curva simple

PT = Punto en donde finaliza la curva simple

α = Ángulo de deflexión de las tangentes

ΔC = Ángulo central de la curva circular

θ = Ángulo de deflexión a un punto

GC = Grado de curvatura de la curva circular

RC = Radio de la curva simple

T = Tangente de la curva o subtangente

E = External

M = Ordenada Media

C = Cuerda

CL= Cuerda Larga

I = Longitud de un arco

Le = Longitud de la curva circular

Curvas Espirales

Se utilizan este tipo de curvas cuando tenemos dos curvas independientes, en este caso característico, se opta por esta clase de curvas cuando no basta la separación entre ellas. En el proyecto no hubo necesidad de usar curvas espirales.

Radios mínimos

De acuerdo a la normativa del país MOP (2003), ha definido al radio mínimo como:

El radio mínimo de la curvatura horizontal representa el valor más bajo que asegura la seguridad del tráfico a una velocidad de diseño específica, considerando el máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente. El uso de curvas con radios inferiores al mínimo establecido requerirá peraltes que superen los límites prácticos de operación de vehículos. De esta manera la curvatura se convierte en un elemento de gran importancia en la planificación del trazado vial, ya que influye directamente en la seguridad y en los límites operativos de los vehículos que transitan por la vía.

Para calcular el radio mínimo de la curvatura horizontal se tiene la siguiente expresión:

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

Donde:

R: Radio mínimo de una curva horizontal, (m)

VD: Velocidad de diseño (km/h)

e: Peralte de la curva, m/m

f: Coeficiente de fricción lateral

Según el MTOP (2003), se usará radios mínimos en los siguientes casos:

- Aproximaciones a los cruces de accidentes en la topografía
- Según la topografía (tipo montañoso)
- Intersecciones entre caminos

- De ser necesario en avenidas urbanas

La siguiente tabla muestra los radios de curvatura horizontal para el diseño.

Figura 20.

Radio mínimo de curvatura horizontal (R)

| VELOCIDAD (km/h) | f | RADIO MÍNIMO CALCULADO | | | | RADIO MÍNIMO RECOMENDADO | | | |
|---------------------|-------|---------------------------|-----|-----|-----|-----------------------------|-----|-----|-----|
| | | 10% | 8% | 6% | 4% | 10% | 8% | 6% | 4% |
| 20 | 0,35 | - | 7 | 8 | 8 | - | 20 | 20 | 20 |
| 25 | 0,315 | - | 13 | 13 | 14 | - | 20 | 25 | 25 |
| 30 | 0,284 | - | 20 | 21 | 22 | - | 25 | 30 | 30 |
| 35 | 0,255 | - | 29 | 31 | 33 | - | 30 | 35 | 35 |
| 40 | 0,221 | - | 42 | 45 | 48 | - | 42 | 45 | 50 |
| 45 | 0,206 | - | 56 | 60 | 65 | - | 58 | 60 | 66 |
| 50 | 0,19 | - | 73 | 79 | 86 | - | 75 | 80 | 90 |
| 60 | 0,165 | 107 | 116 | 126 | 138 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| 70 | 0,15 | 154 | 168 | 184 | 203 | 160 | 170 | 185 | 205 |
| 80 | 0,14 | 210 | 229 | 252 | 280 | 210 | 230 | 255 | 280 |
| 90 | 0,134 | 273 | 298 | 329 | 367 | 275 | 300 | 330 | 370 |
| 100 | 0,13 | 342 | 375 | 414 | 463 | 350 | 375 | 415 | 465 |
| 110 | 0,134 | 425 | 467 | 518 | 581 | 430 | 470 | 520 | 585 |
| 120 | 0,12 | 515 | 567 | 630 | 709 | 520 | 570 | 630 | 710 |

Nota: Se podrá utilizar un radio mínimo de 15m, siempre y cuando se trate de:

- Aprovechar infraestructuras existentes
- Relieve difícil (escarpado)
- Caminos de bajo costo.

Nota. Radios mínimos a utilizar en la vía de estudio. Fuente: Normas de diseño geométrico de carreteras. (MOP, 2003, p. 37).

Considerando la tabla, la velocidad de diseño a tomará dependerá del radio mínimo que recomendado de 75m o en casos especiales un radio mínimo de 15 m, porque en nuestro caso cumple al ser un terreno un relieve montañoso, existe una infraestructura existente y es un camino de bajo costo.

4.3.3 Alineamiento vertical

En el diseño vertical también se tendrá que regirse el proyecto por la Norma de Diseño Geométrico 2003 del Ministerio de Obras Públicas.

Pendientes máximas y mínimas.

Según la Normativa de Diseño Geométrico (2003), en Valores de Diseño Recomendado se tiene que la pendiente máxima será del 8% y una pendiente mínima del 0.5%, el numeral 3 permite incrementar en 2% la pendiente en longitudes menores de 500 m.

Curvas parabólicas cóncavas y conexas.

El coeficiente K, dispone la distancia que el usuario tiene visión frontal del camino, este valor se encuentra en la Norma de Diseño Geométrico 2003, para curvas verticales convexas el coeficiente K, está dado por la siguiente formula:

$$K=S^2/426$$

Para curvas cóncavas el coeficiente K, está dado por la siguiente expresión:

$$K=S^2/122+3.5S$$

Donde:

S = distancia de velocidad para parada

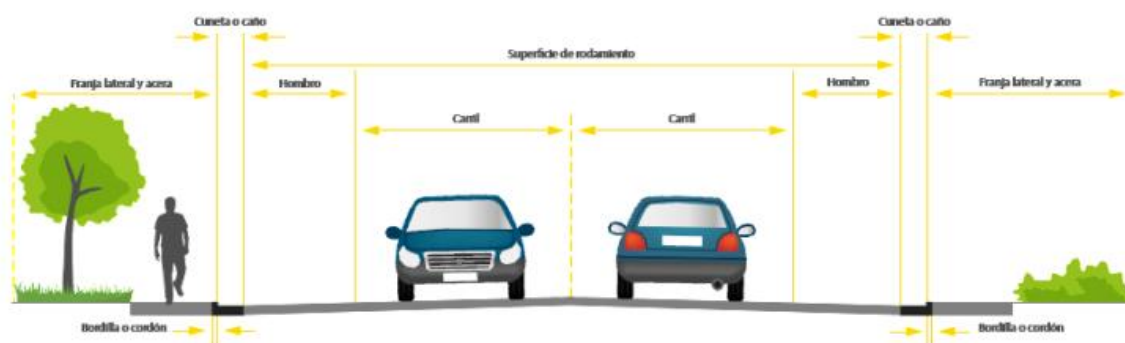
Según la Normativa de Diseño Geométrico (2003): en Valores de Diseño Recomendado, el valor de K es 7 y 10 para curvas convexas y cóncavas respectivamente.

4.3.4 Diseño trasversal

El ancho total de la vía es de 6m, quedando 3m para cada sentido de la vía

Figura 21.

Sección típica de la Calle



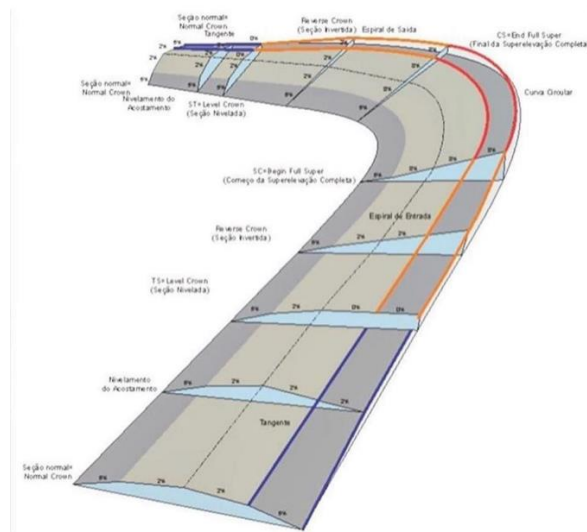
Nota. Se muestra la sección típica adoptar. Fuente: Campos, 2017.

Pendiente de bombeo

En el plan del proyecto se contempla el uso de una pendiente de bombeo del 2%. Esta pendiente mínima es la más adecuada para permitir el correcto drenaje de la vía. En aquellos tramos sin curvas, la pendiente de bombeo se distribuirá a ambos lados de la calzada. En contraposición, en áreas donde existan curvas, se implementará una sola pendiente de bombeo, la cual se dirigirá hacia el lado cerrado de la curva. Esta estrategia de diseño busca asegurar un adecuado sistema de drenaje en la vía, garantizando un flujo eficiente del agua y minimizando problemas relacionados con acumulaciones o estancamientos en la superficie de la carretera.

Figura 22.

Pendientes transversales de una calle



Nota. Gráfico referencial de la pendiente de bombeo en curva y en tangente. Fuente: Ingegeek

4.3.5 Movimiento de tierra

Las acciones que se llevan a cabo directamente en el lugar de terrenos naturales, con el propósito de modificar o alterar la topografía del área correspondiente al proyecto, se denominan movimiento de tierras. De acuerdo con Tiktin (1997), las operaciones de movimiento de tierras comprenden generalmente:

- Acarreo

- Carga
- Compactación
- Descarga
- Excavación o arranque
- Extendido
- Humectación o desecación
- Servicios auxiliares

Estas acciones se llevarán a cabo con el objetivo de calcular los volúmenes de tierra a remover, con el fin de eliminar los obstáculos que obstaculiza el paso de la vía, lo que marca el inicio del proceso de construcción del terraplén.

4.3.5.1 Especificaciones y cantidades de obra.

Basándonos en los estudios y pruebas realizadas en el suelo, se evaluará la idoneidad del material de excavación para su posible uso como relleno. Esta consideración se sustenta en la calidad del suelo, el cual exhibe una buena gradación. Este análisis resulta crucial para determinar si el material extraído durante la excavación puede ser reutilizado en el proyecto como relleno, ofreciendo un aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles y reduciendo potencialmente los costos asociados a la adquisición de materiales adicionales.

Reutilizar el suelo para el relleno, es óptimo para bajar el volumen del material de desalojo, lo cual tiene ventajas como: ahorro en la compra de material para el relleno y menor costo en el acarreo de material hacia las escombreras.

La siguiente tabla muestra el volumen de corte y relleno que se utilizar en el abscisado.

Tabla 26.*Volúmenes De Corte Y Relleno*

| Abscisa | Área Corte | Vol. Corte | Área Relleno | Vol. Relleno | Vol. Corte Acum. | Vol. Relleno Acum. | Vol. net |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------|
| 0+000.000 | 34.521 | 0.000 | 17.261 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0+020.000 | 11.293 | 458.140 | 5.646 | 229.070 | 458.140 | 229.070 | 229.070 |
| 0+040.000 | 2.041 | 133.338 | 2.519 | 81.650 | 591.478 | 310.720 | 280.759 |
| 0+060.000 | 3.664 | 57.051 | 4.028 | 65.470 | 648.530 | 376.190 | 272.339 |
| 0+080.000 | 5.200 | 88.641 | 2.900 | 69.286 | 737.170 | 445.477 | 291.694 |
| 0+100.000 | 11.456 | 166.558 | 5.728 | 86.281 | 903.728 | 531.757 | 371.971 |
| 0+120.000 | 20.646 | 321.016 | 10.323 | 160.508 | 1,224.745 | 692.266 | 532.479 |
| 0+140.000 | 22.755 | 434.008 | 11.378 | 217.004 | 1,658.753 | 909.269 | 749.483 |
| 0+160.000 | 15.506 | 382.611 | 7.753 | 191.306 | 2,041.364 | 1,100.575 | 940.789 |
| 0+180.000 | 11.146 | 266.518 | 5.573 | 133.259 | 2,307.882 | 1,233.834 | 1,074.048 |
| 0+200.000 | 7.682 | 188.272 | 3.841 | 94.136 | 2,496.155 | 1,327.970 | 1,168.184 |
| 0+220.000 | 4.952 | 126.332 | 2.476 | 63.166 | 2,622.487 | 1,391.137 | 1,231.350 |
| 0+240.000 | 18.253 | 232.051 | 9.127 | 116.026 | 2,854.538 | 1,507.162 | 1,347.376 |
| 0+260.000 | 30.754 | 490.075 | 15.377 | 245.038 | 3,344.613 | 1,752.200 | 1,592.413 |
| 0+280.000 | 39.995 | 707.488 | 19.997 | 353.744 | 4,052.102 | 2,105.944 | 1,946.158 |
| 0+300.000 | 49.340 | 893.350 | 24.670 | 446.675 | 4,945.451 | 2,552.619 | 2,392.832 |
| 0+316.187 | 50.685 | 809.545 | 25.343 | 404.773 | 5,754.997 | 2,957.392 | 2,797.605 |
| 0+316.323 | 50.710 | 6.895 | 25.355 | 3.448 | 5,761.892 | 2,960.839 | 2,801.053 |
| 0+316.459 | 50.734 | 6.898 | 25.367 | 3.449 | 5,768.790 | 2,964.288 | 2,804.502 |
| 0+320.000 | 51.391 | 180.825 | 25.695 | 90.413 | 5,949.615 | 3,054.701 | 2,894.915 |
| 0+340.000 | 57.071 | 1,084.620 | 28.536 | 542.310 | 7,034.236 | 3,597.011 | 3,437.225 |
| 0+360.000 | 55.417 | 1,124.883 | 27.709 | 562.442 | 8,159.119 | 4,159.453 | 3,999.666 |
| 0+380.000 | 43.437 | 988.547 | 21.719 | 494.273 | 9,147.666 | 4,653.726 | 4,493.940 |
| 0+400.000 | 46.390 | 898.276 | 23.195 | 449.138 | 10,045.942 | 5,102.864 | 4,943.078 |
| 0+420.000 | 40.039 | 864.292 | 20.019 | 432.146 | 10,910.233 | 5,535.010 | 5,375.223 |
| 0+440.000 | 37.301 | 773.404 | 18.651 | 386.702 | 11,683.638 | 5,921.712 | 5,761.926 |
| 0+460.000 | 21.674 | 589.755 | 10.837 | 294.878 | 12,273.393 | 6,216.590 | 6,056.803 |
| 0+480.000 | 23.237 | 449.115 | 11.619 | 224.557 | 12,722.507 | 6,441.147 | 6,281.361 |
| 0+500.000 | 32.055 | 552.927 | 16.028 | 276.463 | 13,275.434 | 6,717.610 | 6,557.824 |
| 0+520.000 | 36.233 | 682.881 | 18.116 | 341.440 | 13,958.315 | 7,059.051 | 6,899.264 |
| 0+540.000 | 36.034 | 722.668 | 18.017 | 361.334 | 14,680.983 | 7,420.385 | 7,260.598 |
| 0+551.228 | 38.246 | 417.014 | 19.123 | 208.507 | 15,097.997 | 7,628.892 | 7,469.105 |
| 0+552.160 | 38.419 | 35.735 | 19.209 | 17.868 | 15,133.732 | 7,646.759 | 7,486.973 |
| 0+553.093 | 38.604 | 35.902 | 19.302 | 17.951 | 15,169.634 | 7,664.710 | 7,504.924 |
| 0+560.000 | 40.399 | 272.849 | 20.199 | 136.424 | 15,442.483 | 7,801.135 | 7,641.348 |
| 0+580.000 | 44.763 | 851.618 | 22.381 | 425.809 | 16,294.101 | 8,226.944 | 8,067.157 |
| 0+600.000 | 47.978 | 927.411 | 23.989 | 463.705 | 17,221.512 | 8,690.649 | 8,530.863 |
| 0+620.000 | 48.536 | 965.144 | 24.268 | 482.572 | 18,186.656 | 9,173.221 | 9,013.435 |
| 0+640.000 | 48.453 | 969.896 | 24.227 | 484.948 | 19,156.551 | 9,658.169 | 9,498.382 |
| 0+660.000 | 71.642 | 1,200.949 | 35.821 | 600.475 | 20,357.501 | 10,258.644 | 10,098.857 |
| 0+680.000 | 93.160 | 1,648.017 | 46.580 | 824.008 | 22,005.517 | 11,082.652 | 10,922.865 |

| | | | | | | | |
|-----------|---------|-----------|---------|-----------|------------|------------|------------|
| 0+700.000 | 110.641 | 2,038.007 | 55.320 | 1,019.003 | 24,043.524 | 12,101.655 | 11,941.869 |
| 0+700.556 | 111.822 | 61.896 | 55.913 | 30.949 | 24,105.420 | 12,132.604 | 11,972.816 |
| 0+710.000 | 122.265 | 1,074.271 | 61.133 | 537.149 | 25,179.691 | 12,669.753 | 12,509.938 |
| 0+720.000 | 108.514 | 1,145.123 | 54.257 | 572.561 | 26,324.814 | 13,242.314 | 13,082.500 |
| 0+721.368 | 116.639 | 155.475 | 58.320 | 77.738 | 26,480.289 | 13,320.052 | 13,160.237 |
| 0+730.000 | 133.584 | 1,057.919 | 66.792 | 528.959 | 27,538.208 | 13,849.011 | 13,689.197 |
| 0+740.000 | 147.566 | 1,329.890 | 73.783 | 664.945 | 28,868.098 | 14,513.956 | 14,354.142 |
| 0+742.180 | 143.114 | 296.264 | 71.557 | 148.132 | 29,164.362 | 14,662.088 | 14,502.274 |
| 0+760.000 | 92.655 | 2,100.701 | 46.328 | 1,050.351 | 31,265.063 | 15,712.439 | 15,552.624 |
| 0+780.000 | 92.289 | 1,849.439 | 46.144 | 924.720 | 33,114.502 | 16,637.158 | 16,477.344 |
| 0+800.000 | 82.970 | 1,752.582 | 41.485 | 876.291 | 34,867.085 | 17,513.449 | 17,353.635 |
| 0+820.000 | 87.526 | 1,704.953 | 44.029 | 855.143 | 36,572.038 | 18,368.592 | 18,203.445 |
| 0+826.799 | 106.658 | 660.157 | 55.136 | 337.128 | 37,232.195 | 18,705.720 | 18,526.474 |
| 0+830.000 | 130.894 | 391.798 | 67.701 | 201.934 | 37,623.992 | 18,907.655 | 18,716.337 |
| 0+840.000 | 95.308 | 1,178.058 | 48.843 | 605.144 | 38,802.050 | 19,512.799 | 19,289.251 |
| 0+847.238 | 103.369 | 777.530 | 51.751 | 393.099 | 39,579.580 | 19,905.898 | 19,673.682 |
| 0+850.000 | 119.063 | 343.528 | 59.531 | 171.856 | 39,923.108 | 20,077.754 | 19,845.354 |
| 0+860.000 | 89.556 | 1,196.979 | 44.778 | 598.489 | 41,120.087 | 20,676.244 | 20,443.843 |
| 0+867.677 | 19.065 | 477.962 | 11.000 | 245.380 | 41,598.049 | 20,921.624 | 20,676.425 |
| 0+880.000 | 22.573 | 256.557 | 11.286 | 137.319 | 41,854.606 | 21,058.942 | 20,795.664 |
| 0+882.082 | 25.054 | 49.581 | 12.530 | 24.793 | 41,904.187 | 21,083.736 | 20,820.452 |
| 0+890.000 | 34.421 | 228.859 | 17.210 | 114.438 | 42,133.046 | 21,198.173 | 20,934.873 |
| 0+900.000 | 164.547 | 858.527 | 82.273 | 429.264 | 42,991.573 | 21,627.437 | 21,364.136 |
| 0+910.000 | 252.293 | 1,775.340 | 126.146 | 887.670 | 44,766.913 | 22,515.106 | 22,251.806 |
| 0+920.000 | 375.916 | 2,756.649 | 187.958 | 1,378.325 | 47,523.562 | 23,893.431 | 23,630.131 |
| 0+930.000 | 513.230 | 4,069.981 | 256.615 | 2,034.991 | 51,593.543 | 25,928.422 | 25,665.121 |
| 0+940.000 | 565.442 | 5,065.595 | 282.721 | 2,532.798 | 56,659.139 | 28,461.219 | 28,197.919 |
| 0+950.000 | 499.892 | 5,101.026 | 249.946 | 2,550.513 | 61,760.164 | 31,011.732 | 30,748.432 |
| 0+953.660 | 457.792 | 1,717.735 | 228.896 | 858.868 | 63,477.900 | 31,870.600 | 31,607.300 |
| 0+960.000 | 347.304 | 2,562.742 | 173.652 | 1,281.371 | 66,040.642 | 33,151.971 | 32,888.671 |
| 0+970.000 | 329.395 | 3,467.195 | 164.698 | 1,733.597 | 69,507.836 | 34,885.568 | 34,622.268 |
| 0+980.000 | 329.449 | 3,371.524 | 164.724 | 1,685.762 | 72,879.360 | 36,571.330 | 36,308.030 |
| 0+990.000 | 256.875 | 2,896.132 | 128.438 | 1,448.066 | 75,775.493 | 38,019.396 | 37,756.096 |
| 1+000.000 | 117.498 | 1,749.718 | 58.749 | 874.859 | 77,525.211 | 38,894.256 | 38,630.955 |
| 1+010.000 | 60.096 | 826.620 | 30.048 | 413.310 | 78,351.830 | 39,307.565 | 39,044.265 |
| 1+020.000 | 53.704 | 546.493 | 26.852 | 273.246 | 78,898.323 | 39,580.812 | 39,317.511 |
| 1+025.238 | 55.771 | 276.479 | 27.886 | 138.240 | 79,174.802 | 39,719.051 | 39,455.751 |
| 1+025.369 | 55.855 | 7.332 | 27.928 | 3.666 | 79,182.134 | 39,722.717 | 39,459.417 |
| 1+030.000 | 61.205 | 280.804 | 30.603 | 140.402 | 79,462.938 | 39,863.119 | 39,599.819 |
| 1+040.000 | 55.161 | 594.915 | 27.581 | 297.458 | 80,057.853 | 40,160.577 | 39,897.276 |
| 1+050.000 | 62.462 | 591.965 | 31.231 | 295.983 | 80,649.818 | 40,456.559 | 40,193.259 |
| 1+054.845 | 56.722 | 291.940 | 28.361 | 145.970 | 80,941.758 | 40,602.529 | 40,339.229 |
| 1+060.000 | 51.286 | 282.520 | 25.643 | 141.260 | 81,224.278 | 40,743.789 | 40,480.489 |
| 1+070.000 | 46.510 | 489.653 | 23.255 | 244.827 | 81,713.932 | 40,988.616 | 40,725.316 |
| 1+080.000 | 41.390 | 432.074 | 20.695 | 216.037 | 82,146.006 | 41,204.653 | 40,941.353 |
| 1+084.321 | 39.402 | 170.832 | 19.701 | 85.416 | 82,316.838 | 41,290.069 | 41,026.769 |

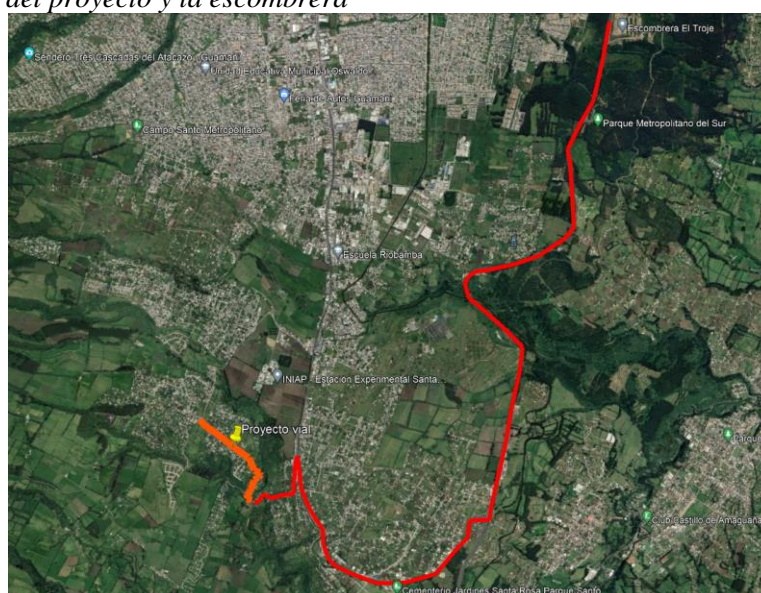
| | | | | | | | |
|-----------|--------|-----------|--------|---------|------------|------------|------------|
| 1+100.000 | 36.947 | 598.557 | 18.474 | 299.279 | 82,915.396 | 41,589.348 | 41,326.048 |
| 1+120.000 | 27.110 | 640.570 | 13.555 | 320.285 | 83,555.966 | 41,909.633 | 41,646.333 |
| 1+138.837 | 17.121 | 416.584 | 12.054 | 241.196 | 83,972.550 | 42,150.830 | 41,821.721 |
| 1+140.000 | 16.339 | 19.455 | 11.398 | 13.636 | 83,992.005 | 42,164.465 | 41,827.540 |
| 1+147.949 | 12.854 | 111.021 | 7.922 | 75.581 | 84,103.026 | 42,240.047 | 41,862.980 |
| 1+150.000 | 11.855 | 23.960 | 6.371 | 14.104 | 84,126.986 | 42,254.150 | 41,872.836 |
| 1+157.060 | 17.766 | 99.985 | 8.883 | 51.680 | 84,226.971 | 42,305.830 | 41,921.141 |
| 1+160.000 | 21.569 | 57.815 | 10.785 | 28.908 | 84,284.786 | 42,334.737 | 41,950.049 |
| 1+180.000 | 38.036 | 596.050 | 19.018 | 298.025 | 84,880.836 | 42,632.763 | 42,248.074 |
| 1+200.000 | 48.680 | 867.159 | 24.340 | 433.579 | 85,747.995 | 43,066.342 | 42,681.653 |
| 1+220.000 | 59.005 | 1,076.850 | 29.502 | 538.425 | 86,824.845 | 43,604.767 | 43,220.078 |
| 1+240.000 | 62.834 | 1,218.383 | 31.417 | 609.192 | 88,043.228 | 44,213.959 | 43,829.270 |
| 1+260.000 | 43.246 | 1,060.797 | 21.623 | 530.399 | 89,104.026 | 44,744.357 | 44,359.668 |
| 1+263.725 | 41.979 | 158.715 | 20.989 | 79.357 | 89,262.741 | 44,823.715 | 44,439.026 |
| 1+270.000 | 40.345 | 254.248 | 20.173 | 127.124 | 89,516.989 | 44,950.839 | 44,566.150 |
| 1+275.970 | 34.468 | 218.798 | 17.234 | 109.399 | 89,735.787 | 45,060.238 | 44,675.549 |
| 1+280.000 | 32.523 | 134.107 | 16.261 | 67.054 | 89,869.894 | 45,127.291 | 44,742.603 |
| 1+288.215 | 25.988 | 234.844 | 12.994 | 117.422 | 90,104.738 | 45,244.713 | 44,860.024 |
| 1+300.000 | 23.066 | 289.058 | 11.533 | 144.529 | 90,393.796 | 45,389.242 | 45,004.554 |
| 1+320.000 | 0.000 | 230.659 | 0.000 | 115.329 | 90,624.455 | 45,504.572 | 45,119.883 |
| 1+324.375 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 90,624.455 | 45,504.572 | 45,119.883 |

Nota. Tabla de volúmenes y de relleno para la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

La distancia desde el proyecto hasta la escombrera es de 12 km como se muestra en el mapa.

Figura 23.

Ruta entre el sitio del proyecto y la escombrera



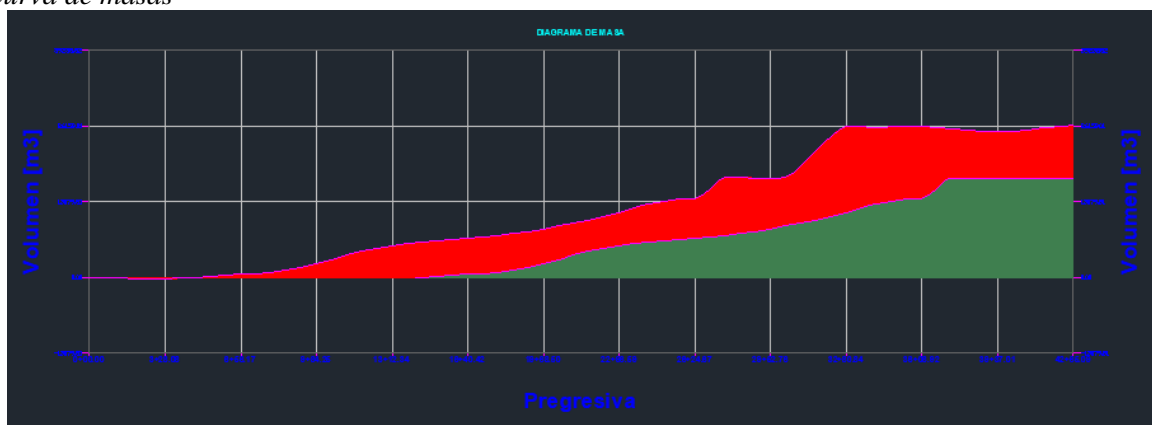
Nota. La línea roja representa la ruta entre el sitio del proyecto y la escombrera. Elaborado por: El autor.

4.3.5.2 Curva de masas.

Se representa gráficamente en un plano cartesiano, teniendo en el eje de las ordenadas al volumen (corte o relleno) y en eje de las abscisas la distancia en kilómetros. Esta nos da información importante como en el caso del volumen de corte la cantidad de material que tendremos que llevar hacia la escombrera y el volumen de relleno la cantidad de material pétreo que se habrá de traer desde la mina o del material de excavación. La siguiente tabla muestra la curva de masas.

Figura 24.

Curva de masas



Nota. Se muestra la curva de masas. Elaborado por: El autor con Civil 3d.

4.4 Diseño Hidráulico

4.4.1 Alcance

Para el diseño hidráulico tendremos en cuenta la precipitación en la zona del proyecto, considerando la estación meteorológica más cercana (estación Izobamba), estos datos proporcionados por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología del Ecuador (INAMHI). De acuerdo con el mapa de zonificación la vía se encuentra en la zona 11 de pluviosidad, debido el proyecto se desarrollará en la parroquia Cutuglagua, cantón Mejía de la Provincia de Pichincha.

4.4.2 Drenaje longitudinal

Según la legislación actual, el drenaje longitudinal se define como el conjunto de estructuras de captación y protección que deben ubicarse estratégicamente en la vía. Para su diseño, se requiere calcular el área hidráulica necesaria, determinar la sección, longitud, pendiente y nivel del fondo, y seleccionar el tipo de construcción apropiado, tal como se menciona en la fuente del Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2003, p. 254). En el plan de diseño se ha propuesto la implementación de cunetas a lo largo del borde de la carretera para gestionar el drenaje del agua. El objetivo es salvaguardar la integridad de la vía y prolongar su vida útil minimizando los efectos de la erosión y el deterioro provocado por el agua.

4.4.3 Drenaje transversal

La autoridad del Ministerio de Transporte y Obras Públicas establece que al diseño del drenaje transversal como: “Drenaje transversal menor de una carretera se realizará tomando en cuenta, para su solución, dos pasos básicos: el análisis hidrológico de la zona por drenar y el diseño hidráulico de las estructuras” (MOP, 2003, p. 285).

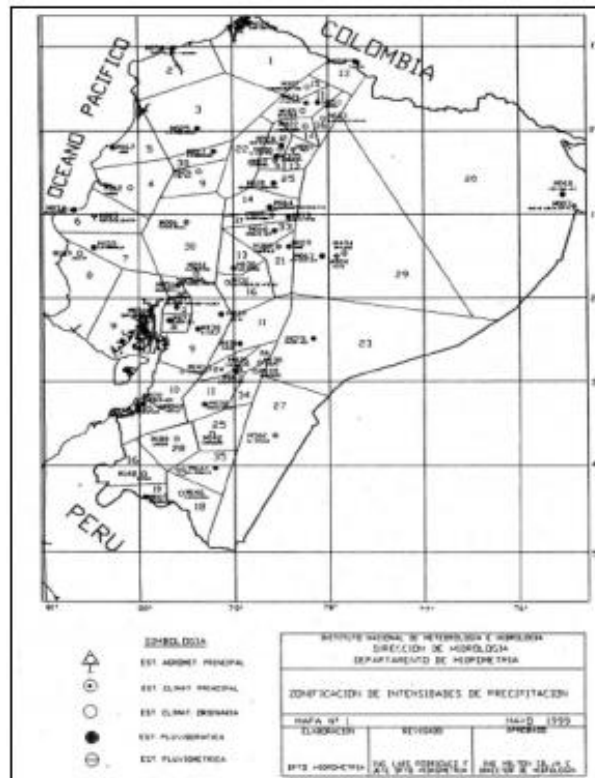
4.4.4 Diseño de Obras de Drenaje

El diseño de las estructuras de drenaje en el proyecto vial posee una gran relevancia, ya que su correcta planificación nos permite cumplir con la normativa actual. Esta normativa proporciona pautas esenciales para el adecuado manejo de la recolección, bombeo y evacuación del agua, especialmente en situaciones de lluvias intensas. Una planificación adecuada de estas obras de drenaje es fundamental para prevenir posibles desbordamientos en las vías y garantizar un flujo controlado del agua a lo largo de su recorrido.

Las obras de drenaje se construyen en la infraestructura vial para proteger la estructura de la capa de rodadura y mantener en buen estado la vial del barrio Santo Domingo de Cutuglagua. En este caso se obtuvieron datos de la estación meteorológica Izobamba M003, esta es la más cercana al sitio de implantación de la vía.

Figura 25.

Estaciones del INAMHI



Nota. Se muestra las estaciones del INAMHI. Fuente: INAMHI 2015

Figura 26.

Estación para nuestro proyecto



Nota. Se muestra la estación para nuestro proyecto. Fuente: INAMHI 2015

La siguiente información que nos presenta el INAMHI, nos otorga datos de la intensidad para ello se utilizara las ecuaciones de acuerdo con la estación escogida (Izobamba M0003).

Figura 27.

Ecuaciones para la estación Izobamba

| ESTACIÓN | | INTERVALOS DE TIEMPO | ECUACIONES | R | R ² |
|----------|------------|----------------------|--|--------|----------------|
| CÓDIGO | NOMBRE | (minutos) | | | |
| M0002 | LA TOLA | 5 < 20 | $i = 106.539 * T^{0.2210} * t^{-0.2226}$ | 0.9836 | 0.9675 |
| | | 20 < 120 | $i = 433.713 * T^{0.1953} * t^{-0.6905}$ | 0.9891 | 0.9783 |
| | | 120 < 1440 | $i = 1433.657 * T^{0.1822} * t^{-0.9582}$ | 0.9987 | 0.9974 |
| M0003 | IZOBAMBA | 5 < 30 | $i = 164.212 * T^{0.1620} * t^{-0.4126}$ | 0.9823 | 0.9802 |
| | | 30 < 120 | $i = 371.072 * T^{0.1575} * t^{-0.6771}$ | 0.9947 | 0.9895 |
| | | 120 < 1440 | $i = 929.503 * T^{0.1614} * t^{-0.8772}$ | 0.999 | 0.9981 |
| M0004 | RUMIPAMBA | 5 < 30 | $i = 160.9162 * T^{0.2407} * t^{-0.4893}$ | 0.9923 | 0.9846 |
| | | 30 < 120 | $i = 506.391 * T^{0.2125} * t^{-0.805}$ | 0.9959 | 0.9917 |
| | | 120 < 1440 | $i = 1034.0865 * T^{0.1797} * t^{-0.9377}$ | 0.9994 | 0.9987 |
| M0005 | PORTOVIEJO | 5 < 120 | $i = 175.897 * T^{0.2692} * t^{-0.5042}$ | 0.9901 | 0.9802 |
| | | 120 < 1440 | $i = 891.120 * T^{0.2424} * t^{-0.8418}$ | 0.9975 | 0.995 |

Nota. Se muestra la ecuación para nuestra estación. Fuente: INAMHI 2015

Existen dos enfoques para calcular la precipitación basados en los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología del Ecuador (INAMHI): uno es el método aritmético, el cual ofrece información sobre las precipitaciones mínimas, máximas y medias dentro del período de tiempo en el que la estación ha recopilado datos. El segundo enfoque es el método de las isoyetas, mostrando la distribución espacial de la precipitación.

Tabla 27.

Valores de precipitaciones de la Estación Izobamba

| Valores Pluviométricos Mensuales Estación Meteorológica Izobamba | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------------|
| Anuario | Año | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total Anual |
| 39 | 1999 | 93,4 | 251,3 | 269,5 | 152,3 | 201 | 134,5 | 7,9 | 43,6 | 157,2 | 104,2 | 160,3 | 192,5 | 1767,7 |
| 40 | 2000 | 161,2 | 184,6 | 268,8 | 231,4 | 250,5 | 137,7 | 42,6 | 28,8 | 167,7 | 49,9 | 57,9 | 73,7 | 1654,8 |
| 41 | 2001 | 144,8 | 168,2 | 226,3 | 133,6 | 102 | 38,2 | 36,1 | 12,4 | 91,4 | 7,9 | 119 | 192,6 | 1272,5 |
| 42 | 2002 | 94 | 93,4 | 201,4 | 248 | 132,7 | 69,7 | 26,5 | 11,8 | 22,9 | 129,6 | 185 | 243,6 | 1458,6 |
| 43 | 2003 | 144,7 | 104,4 | 111,5 | 183,7 | 118 | 117,8 | 7,9 | 32,2 | 101,3 | 153,2 | 200,1 | 110,5 | 1385,3 |
| 44 | 2004 | 58,9 | 66,1 | 74,8 | 150,4 | 147,4 | 24,3 | 28,6 | 3,1 | 98,7 | 136,3 | 152,7 | 187,7 | 1129 |
| 45 | 2005 | 33,3 | 201,4 | 210,2 | 115,7 | 100,1 | 66,8 | 50,6 | 53,9 | 84,1 | 83,7 | 105,8 | 159,4 | 1265 |
| 46 | 2006 | 93,3 | 188,8 | 167,5 | 262 | 76,3 | 92,2 | 13,1 | 23,6 | 51,6 | 76,5 | 245,9 | 174,6 | 1465,4 |
| 47 | 2007 | 171,3 | 55,1 | 229,9 | 264,3 | 243,6 | 59,7 | 62,6 | 34,8 | 16,4 | 201,9 | 326,2 | 117,8 | 1783,6 |
| 48 | 2008 | 246,6 | 275,5 | 263,5 | 257 | 216,4 | 111,5 | 28,5 | 96,7 | 103,1 | 199,5 | 108 | 126 | 2032,3 |
| 49 | 2009 | 295,4 | 186,6 | 262,4 | 189,9 | 102,8 | 48,2 | 7,1 | 29 | 9,7 | 86,4 | 88,8 | 209,9 | 1516,2 |
| 50 | 2010 | 45,6 | 103,7 | 114,2 | 289,2 | 149,2 | 100,4 | 196,2 | 52,5 | 79,5 | 89,7 | 249,4 | 304,8 | 1774,4 |
| 51 | 2011 | 138,3 | 193,3 | 143,7 | 262,4 | 92,8 | 61,4 | 69,4 | 76,7 | 56,9 | 197,6 | 30,4 | 164,9 | 1487,8 |
| 52 | 2012 | 254,3 | 227,3 | 197,4 | 219,3 | 64,9 | 10,6 | 19,8 | 20 | 20,5 | 167 | 169 | 30,5 | 1400,6 |
| Mínima | | 33,3 | 55,1 | 74,8 | 115,7 | 64,9 | 10,6 | 7,1 | 3,1 | 9,7 | 7,9 | 30,4 | 30,5 | 1129 |
| Máxima | | 295,4 | 275,5 | 269,5 | 289,2 | 250,5 | 137,7 | 196,2 | 96,7 | 167,7 | 201,9 | 326,2 | 304,8 | 2032,3 |
| Media | | 141,08 | 164,26 | 195,79 | 211,37 | 142,69 | 76,64 | 42,64 | 37,08 | 75,79 | 120,24 | 157,04 | 163,46 | 1528,09 |

Nota. Valores de precipitaciones de la Estación Izobamba. Elaborado por: El autor.

De acuerdo a las ecuaciones que el INAMHI desarrollo, se usara las de la estación Izobamba M003, esta nos ayudara para el diseño de las curvas IDF.

Tabla 28.

Ecuaciones para la Estación Izobamba

| CÓDIGO | ESTACIÓN | DURACIÓN | ECUACIÓN |
|---------------|-----------------|------------------|---|
| M-003 | IZOBAMBA | 5 min < 70 min | $I_{TR} = 104.44 * t^{-0.4723} * I_{dtr}$ |
| | | 70min < 1440 min | $I_{TR} = 514.56 * t^{-0.9215} * I_{dtr}$ |

Nota. Ecuaciones para la Estación Izobamba. Elaborado por: El autor.

Donde:

ITR: Intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h.

IdTR: Intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h.

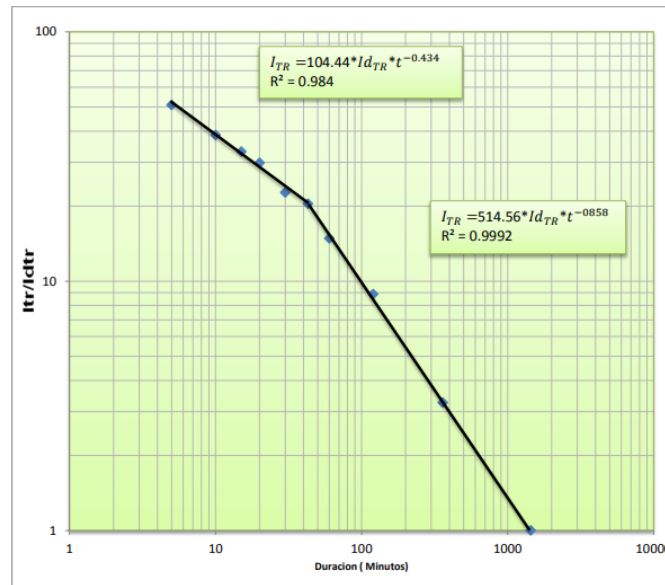
Tr: Periodo de retorno en años.

T: Tiempo de duración de la lluvia en minutos

Figura 28.

Valores de Intensidad Máximas Estación Izobamba

| TR (Años) | DURACIONES t (Minutos) | | | | | | | | |
|-----------|------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 60 | 120 | 360 | 1440 |
| 2 | 86.74 | 64.21 | 53.85 | 47.53 | 39.86 | 25.62 | 14.13 | 5.51 | 1.68 |
| 5 | 109.08 | 80.74 | 67.71 | 59.76 | 50.12 | 32.21 | 17.77 | 6.92 | 2.11 |
| 10 | 124.14 | 91.89 | 77.06 | 68.02 | 57.04 | 36.66 | 20.23 | 7.88 | 2.40 |
| 25 | 142.84 | 105.73 | 88.67 | 78.76 | 65.63 | 42.18 | 23.77 | 9.07 | 2.76 |
| 50 | 156.86 | 116.11 | 97.38 | 85.95 | 72.08 | 46.32 | 25.56 | 9.96 | 3.03 |
| 100 | 170.89 | 126.49 | 106.08 | 93.63 | 78.52 | 50.46 | 27.84 | 10.85 | 3.30 |



Nota. Valores de intensidad máximas de la estación más cercana a la vía de estudio. Fuente: INAMHI 2015

Es necesario fragmentar el área completa de drenaje en secciones más pequeñas para poder aplicar de manera más efectiva los métodos de diseño hidrológico e hidráulico. Esto facilita la planificación de los distintos elementos que conforman el sistema de drenaje pluvial de la región. La zona de contribución abarca el espacio de una sección particular en análisis, usualmente expresado en hectáreas (Ha) según lo señalan Alarcón y Montaluisa en 2016.

Para la obtención de los caudales de la vía, es imperativo ubicar los puntos de desagüe (conocerlos y situarlos de antemano), para este proyecto se colocará sumideros, estos serán ubicados con la respectiva normativa que los regula, para ello se habrá de recolectar de la información meteorología del sitio de implantación, conseguir el periodo de retorno, el tiempo de concentración y determinar si existe escorrentía subterránea ya que esta desestabilizará la estructura de la vía.

Mediante el método Racional, se calculará el caudal debido a que con este método es óptimo para áreas de drenaje relativamente pequeñas (menor de 200 Ha). Este método considera la intensidad de precipitación, el coeficiente de escurrimiento y el área de drenaje. El caudal esta dado por la siguiente expresión.

$$Q = \frac{C * I * A}{0.36}$$

Donde:

Q: Caudal en m³/seg.

C: Coeficiente de escorrentía.

I: Intensidad de precipitación en mm/h, para una duración igual al tiempo de concentración.

A: Área contribuyente en m².

Tabla 29.

Coeficiente de Escorrentía

| Tipo de superficie | Coef. Escorrentía (C) |
|--|------------------------------|
| Pavimentos de hormigón y asfálticos | 0.70 - 0.95 |
| Pavimentos adoquinados | 0.60 - 0.70 |
| Pavimentos Macadán (empedrados) | 0.30 - 0.60 |
| Superficies de grava | 0.15 - 0.30 |
| Zonas arboladas y bosques | 0.10 - 0.20 |
| Zonas con vegetación densa | |
| * Terrenos granulares | 0.05 - 0.35 |
| * Terrenos arcillosos | 0.15 - 0.56 |
| Zona con vegetación media | |
| * Terrenos granulares | 0.10 - 0.50 |
| * Terrenos arcillosos | 0.30 - 0.75 |
| Tierras sin vegetación | 0.20 - 0.80 |
| Zonas cultivables | 0.20 - 0.40 |

Nota. Coeficientes de escorrentía escogidas para la vía de estudio. Fuente: (Lemos R. Rodrigo, 1999).

En este caso de acuerdo a la tabla, se tomará para pavimentos un coeficiente de escorrentía de entre 0.70 – 0.95. De acuerdo a la normativa de diseño para sistemas de alcantarillado EMAAP-Q (2009): dispone para el diseño de obras de drenaje está en función de las ecuaciones IDF (de la estación meteorología Izobamba M003), como se indica:

Tabla 30.

Ecuaciones para cálculo de la Intensidad

| Estación M003 – Izobamba | | |
|---|-----------------------------|---|
| Coordenadas | Altitud (metros) | Ecuación I-D-F |
| Latitud: 00°21'45" S Longitud: 78°33'11" O | 3058 | $I = \{74.7140 * T^{0.0888} * [\ln (t+3)]^{3.8202} * (\ln T)^{0.1892}\} / t^{1.6079}$ |

Nota. Ecuación para el cálculo de intensidad de la estación mas cercana a la vía de estudio. Elaborado por: El autor.

Donde:

Tr: Periodo de retorno en años para el cual son aplicables la ecuación. Se encuentra entre 2 y 50 años.

t: Duración de la lluvia en minutos, está comprendido entre 5 y 360 minutos.

La ecuación presentada, da un lapso de tiempo de entre 2 años a 50 años para el periodo de retorno, pero según la normativa y sin dejar de lado la ubicación del proyecto, se optará por tomar un periodo de retorno de 25 años.

Tabla 31.

Período de retorno del proyecto vial para cunetas

| TIPO DE OBRA | CAMINOS VECINALES (AÑOS) | RED DE CARRETERAS (AÑOS) |
|-----------------------|-------------------------------------|---|
| CUNETAS | 10 | 25 |
| CANALES INTERCEPTORES | 10 | 25 |
| PUENTES MENORES | 50 | 50 |

Nota. Tabla de periodos de retornos. Fuente: Caminos del Ecuador: Estudio y Diseño, Salgado. A, 1989.

La normativa antes descrita, propone que el tiempo de concentración mínimo para zonas urbanas y al inicio de tramos de alcantarillado se toma un tiempo mínimo de 5 minutos. Considerando que el diseño vial se llevará a cabo en una zona urbana, se utilizará la topografía del área como base para la creación de la sección transversal, que englobará la calzada, los bordillos y las aceras, a su vez esta se tomará como área de aportación para este estudio.

Velocidad máxima y mínima

Según lo establecido en la norma MOP NEVI – 12 Libro B, (2003), se detallan los valores de velocidad recomendados para el diseño de cunetas con el propósito de prevenir la sedimentación (velocidad mínima de 0.25 m/s) y evitar la erosión en las paredes de las cunetas (velocidad máxima de 4.5 m/s). Estos valores son aplicables particularmente a las cunetas construidas con materiales como el concreto asfáltico o el hormigón. Para calcular la velocidad, se emplea la ecuación de Manning, la cual se muestra a continuación:

$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V: Velocidad del agua en el cauce, (m/s).

R: Radio hidráulico, (m).

S: Pendiente longitudinal, (m/m).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Las cunetas, definidas como estructuras contenedoras que permiten el desagüe del agua proveniente de tuberías, carreteras u otras fuentes, desempeñan un papel esencial al facilitar la

evacuación eficiente del agua, especialmente durante periodos de lluvias intensas. La figura siguiente muestra los coeficientes de Manning específicos para cunetas, los cuales varían en función del material utilizado en su construcción. Este factor es fundamental para calcular la velocidad del flujo de agua dentro de las cunetas y determinar su capacidad para transportar el agua de manera adecuada, minimizando así los riesgos de inundaciones y erosionar sus estructuras.

Figura 29.

Coefficiente de Manning "n" para las cunetas

TABLA IX.6 COEFICIENTE DE RUGOCIDAD "n"

| DESCRIPCION | "n" |
|--|------------|
| TUBOS DE HORMIGON | 0.012 |
| Tubos de metal corrugado o tubos en arco: | |
| a) Simple o revestido | 0.024 |
| b) Solera pavimentada | 0.019 |
| Tubo de arcilla vitrificada | 0.012 |
| Tubo de hierro fundido | 0.013 |
| Alcantarilla de ladrillo | 0.015 |
| Pavimento asfáltico | 0.015 |
| Pavimento de hormigón | 0.014 |
| Parterre de césped | 0.05 |
| Tierra | 0.02 |
| Grava | 0.02 |
| Roca | 0.035 |
| Areas cultivadas | 0.03-0.05 |
| Matorrales espesos | 0.07-0.14 |
| Bosques espesos-poca maleza | 0.10-0.15 |
| Cursos de agua | |
| a) Algo de hierba y maleza-poco o nada de matorrales | 0.03-0.035 |
| b) Maleza densa | 0.035-0.05 |
| c) Algo de maleza-matorrales espesos a los costados | 0.05-0.07 |

Nota. Coeficientes de Manning. Fuente: Normativo de Diseño Geométrico (MOP 2003).

Figura 30.

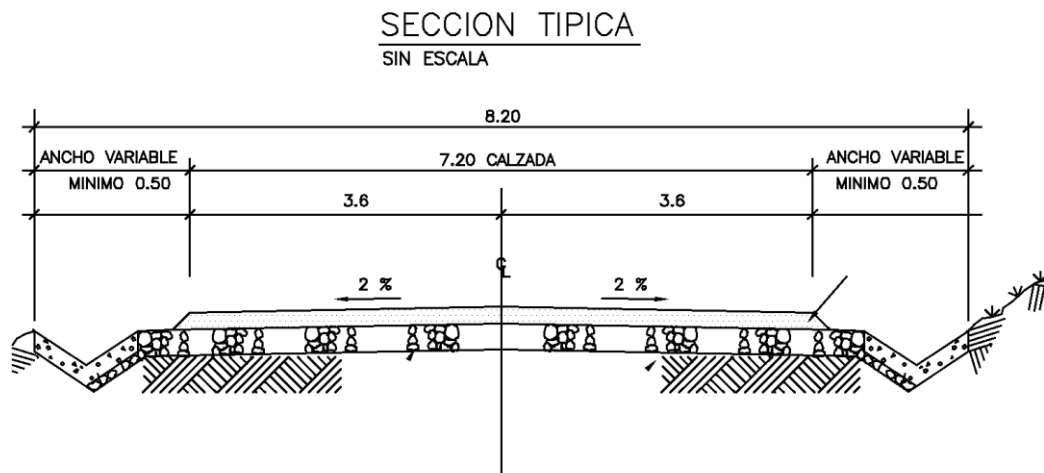
Velocidad del agua para cunetas

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

Nota. Velocidad de diseño para las cunetas. Fuente: Normativa de Diseño Geométrico (MOP 2003).

Figura 31.

Sección Transversal Típica



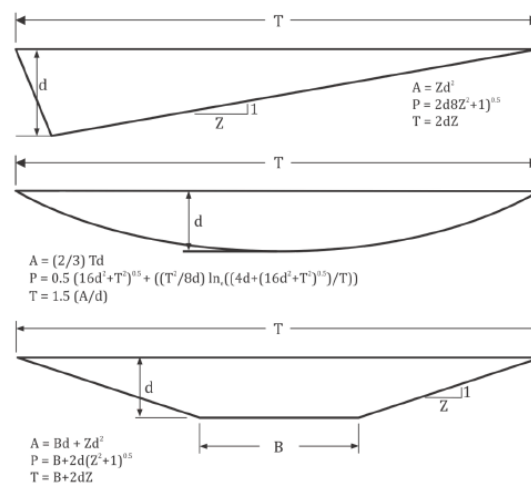
Nota. Sección transversal empleada en el diseño. Elaborado por: El autor.

Relaciones geométricas

La siguiente figura muestra las relaciones geométricas de las cunetas (en la infraestructura vial usualmente se utilizan cunetas triangulares)

Figura 32.

Secciones cunetas típicas

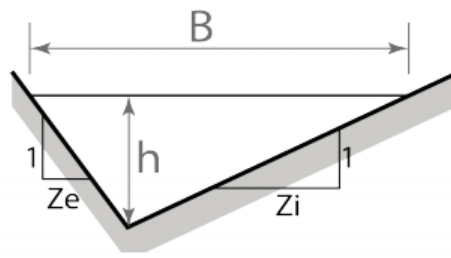


Nota. Secciones típicas empleadas en la vía de estudio. Fuente: Manual de drenaje para carreteras de Colombia, 2019, p. 210.

La figura a continuación muestra la sección típica de la cuneta triangular:

Figura 33.

Secciones típicas de cunetas



Nota. Sección típica empleada. Fuente: NDGC-MTOP,2003.

En esta instancia, se define una sección representativa que asume un valor de Z_e igual a 1 (basado en el coeficiente del talud de corte) y Z_i igual a 3 (valor estándar para cunetas según las especificaciones de la MOP 2003). Las cunetas deben tener la capacidad adecuada para manejar el flujo de agua esperado según el caudal de diseño. En este proyecto, se ha determinado que la longitud de diseño de las cunetas no debe exceder los 200 metros. Sin embargo, para este caso específico y considerando las condiciones de la vía del proyecto, se ha optado por utilizar una longitud de 150 metros.

Como se mencionó previamente, es esencial que la capacidad de flujo de diseño sea menor que la capacidad de flujo calculada para garantizar que el drenaje de la vía cumpla con los requisitos hidráulicos necesarios para seguridad de los usuarios.

$$Q_{\text{diseño}} < Q_{\text{calculado}}$$

En el proceso de diseñar las cunetas, se considera la cantidad de agua que estas podrían recibir sin desbordarse, ya que esto puede ocasionar complicaciones en la vía. Normalmente, se estima un porcentaje que varía entre el 5% y el 30% del flujo total para prever posibles desbordamientos. Al analizar los caudales, se ha observado una proporción similar en la cantidad de agua, lo que ha llevado a optar por un diseño uniforme. Respecto al borde libre de las cunetas, se ha decidido aplicar un aumento del 20% en la altura para ambos lados, tanto en el izquierdo como en el derecho.

Altura cuneta = 0,25 m (cuneta izquierda y derecha)

Verificar diseño de las cunetas en el ANEXO.

Tabla 32.

Resumen del diseño hidráulico

| <u>DATOS</u> | | | | | |
|--------------|------------|------|-------|-------------|------|
| Sitio | CUTUGLAGUA | | | | |
| T= | 25 | años | PMT = | 0,5 | mm |
| t= | 5 | min | PN = | 156 | KPa |
| Coef. Maning | 0,012 | | TD = | 0,5 | mm |
| Coef. Horton | 0,015 | | SD = | 14 | % |
| So 1= | 6,5 | % | Sx 1= | 2 | % |
| So 2= | 7 | % | Sx 2= | 2 | % |
| So 3= | 4 | % | Sx 3= | 2 | % |
| So 4= | 4 | % | Sx 4= | 2 | % |
| So 5= | 12,5 | % | Sx 5= | 2 | % |
| So 6= | 7 | % | Sx 6= | 2 | % |
| So 7= | 15,5 | % | Sx 7= | 2 | % |
| So 9= | 8 | % | Sx 8= | 2 | % |
| So 9= | 9 | % | Sx 9= | 2 | % |
| w = | 150 | m | I= | 152,8772541 | mm/h |

| | SR | LR | Manning | Horton | Q concentrado |
|----------------|-------|--------|---------|--------------|---------------|
| Tramo 1 | 6,80 | 255,03 | 4,10 | 3,83 | 10,830 |
| Tramo 2 | 7,28 | 546,01 | 6,34 | 4,76 | 23,187 |
| Tramo 3 | 4,47 | 167,71 | 3,61 | 4,11 | 7,122 |
| Tramo 4 | 4,47 | 335,41 | 5,48 | 5,17 | 14,243 |
| Tramo 5 | 12,66 | 474,71 | 4,94 | 3,45 | 20,159 |
| Tramo 6 | 7,28 | 546,01 | 6,34 | 4,76 | 23,187 |
| Tramo 7 | 15,63 | 586,07 | 5,26 | 3,33 | 24,888 |
| Tramo 8 | 8,25 | 618,47 | 6,58 | 4,66 | 26,264 |
| Tramo 9 | 9,22 | 691,47 | 6,80 | 4,57 | 29,364 |
| | | | | Total | 179,243 |

Nota. Resumen del diseño hidráulico. Elaborado por: El autor.

4.5 Diseño de Pavimentos

De acuerdo a ARQHYS (2012): el pavimento es una estructura que está conformado por capas de materiales seleccionados (de acuerdo a lo que disponga la entidad contratante), estas resisten de inmediatamente la carga vehicular y trasladan la energía hacia las capas de abajo y las disipa.

Se colocará sobre la subrasante, materiales de mayor calidad de acuerdo a las capas que las suceda. La capa de rodadura estará directamente en contacto con el tránsito, prácticamente en la superficie. Las otras capas son: base, subbase y mejoramiento de la subrasante (en caso de ser necesario, esto debido a la pobre capacidad portante del suelo), la capacidad de resistencia de la estructura no estará directamente en función de la calidad de los materiales, entre otros factores que influyen en la resistencia son: la humedad y la compactación de las capas anteriormente descritas. De acuerdo a estas consideraciones se podrá evitar las deformaciones permanentes debido a los vehículos (los camiones generalmente).

4.5.1 Pavimento Flexible

El autor Pavimento Flexibles (2005) describe los pavimentos flexibles como estructuras de pavimentación que se caracterizan principalmente por su capacidad para flexionarse, adaptándose a las cargas. Este tipo de pavimento se utiliza comúnmente en carreteras, pistas de aterrizaje de aeropuertos y estacionamientos. Su estructura consta de varias capas de materiales. La capa superior, en contacto directo con la superficie, soporta las cargas directas y transfiere estas tensiones a las capas inferiores, donde se disipan gradualmente. Por lo general, la capa más profunda de la estructura no recibe la carga completa.

La base de este pavimento está compuesta por áridos, que pueden estar tratados o no (con cemento Portland, asfalto, cal, u otros agentes estabilizantes). Esta capa tiene la función de disipar las tensiones generadas por las cargas de los vehículos transmitidas desde la capa superior, a la vez que distribuye estas cargas hacia las capas inferiores.

Conforme a lo establecido por Giodani y Leone (2010): las subbases transfieren las cargas hacia la capa más baja y en ciertos diseños ayuda al drenaje del agua del subsuelo. El material del cual está construida esta capa no tiene una buena calidad (por no describirlo como un material malo) y un costo económico.

El pavimento flexible tendrá que cumplir con las siguientes propiedades:

- Resistencia estructural.
- Deformabilidad.
- Costo.
- Requerimientos de conservación.
- Comodidad.
- Seguridad.

Diseño del pavimento asfáltico por el método AASHTO 93

Según García (2005) describe al método AASHTO: es usado para el diseño de pavimento asfálticos que utiliza un modelo o ecuación, con el esta se obtiene el número estructural (SN), y con la utilización de este número habremos de determinar los espesores de las capas de la estructura del asfalto (capa de rodadura, capa de base y capa de subbase). La ecuación considera factores como: transito, desviación estándar, confiabilidad y el índice de serviciabilidad, modulo resiliente.

La siguiente expresión muestra la ecuación para determinar el número estructural:

$$\text{Log}(W) = ZR \cdot S_o + 9,36 \cdot \text{Log}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \text{Log}(MR) - 8,07$$

Donde:

W: Número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el período de diseño.

ZR: Desviación estándar normal

So: Error estándar combinado de la predicción del tráfico y de la predicción del comportamiento estructural.

Δ PSI: Diferencia entre índice de servicio inicial y final

MR: Módulo Resiliente (en libras/pulgada²)

SN: Número estructural. (pulg)

Para el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002) el periodo de diseño: es igual a la vida de servicio del pavimento, en situaciones donde se vayan a realizar reconstrucciones o rehabilitaciones durante toda la vida de trabajo de este, el periodo de diseño tiene algunos periodos de diseño de vida útil entre ellos: pavimento original y las rehabilitaciones.

Tabla 33.

Periodos de Diseño

| Tipo de carretera | Período de Diseño |
|--------------------------|--------------------------|
| Autopista Regional | 20 - 40 años |
| Troncales suburbanas | 15 - 30 años |
| Troncales Rurales | |
| Colectoras Suburbanas | 10 - 20 años |
| Colectoras Rurales | |

Nota. Periodos de diseño según el tipo de carretera. Fuente: (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, 2002).

En consideración a la anterior tabla, tomando que la vía de diseño es una colectoras suburbana se tomara un periodo de diseño de 20 años.

Nivel de Confianza

Tabla 34.

Valores de Nivel de Confianza

| Tipo de Carretera | Nivel de confiabilidad (R%) | |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| | Urbanas | Interurbanas |
| Autopistas y carreteras importante | 85.0 - 99.99 | 80.0 - 99.9 |
| Arterias principales | 85.0 - 99.99 | 80.0 - 99.9 |
| Colectoras | 80.0 - 95.0 | 75.0 - 95.0 |
| Locales | 50.0 - 80.0 | 50.0 - 80.0 |

Nota. Nivel de confiabilidad según el tipo de vía. Fuente: AASHTO 93 diseño de pavimento, 1993.

Para el nivel de confianza en este proyecto se asumió el uso del 80%. [R (%) =80]

Desviación normal (Zr)

Esta en función del parámetro del nivel de confiabilidad, tomando que R igual al 80%, con el uso de la siguiente tabla se determinara el valor de la desviación normal.

Tabla 35.

Valores de Desviación normal

| Confiabilidad | Desviación normal | Confiabilidad | Desviación normal |
|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| R % μ | Zr | R % | Zr |
| 50 | 0.00 | 92 | -1,405 |
| 60 | -0,253 | 93 | -1,476 |
| 70 | -0,524 | 94 | -1,555 |
| 75 | 0,674 | 95 | -1,645 |
| 80 | -0,841 | 97 | -1,881 |
| 85 | -1,037 | 98 | -2,054 |
| 90 | -1,282 | 99 | -2,327 |
| 91 | -1,340 | 99.9 | -3,09 |

Nota. Desviación según la confiabilidad. Fuente: (AASHTO 93 diseño de pavimentos, 1993).

Se extrae el valor de desviación normal Zr % igual a -0.841

Desviación estándar (So)

Tabla 36.

Valores de desviación estándar

| Proyecto de pavimento | Desviación estándar, So |
|---------------------------------|-------------------------|
| Rango para pavimentos flexibles | 0.40-0.50 |
| Construcción nueva | 0.45 |
| Sobre-capas | 0.50 |

Nota. Desviación estándar según el pavimento. Fuente: (AASHTO 93 diseño de pavimentos, 1993).

De acuerdo a la anterior tabla se tomó un valor de desviación estándar So igual a 0.40

Perdida del índice de serviciabilidad

Tabla 37.

Serviciabilidad inicial, Po

| Tipo de pavimento | Serviciabilidad inicial, Po |
|-------------------|-----------------------------|
| Concreto | 4.5 |
| Asfalto | 4.2 |

Nota. Serviciabilidad del pavimento. Fuente: (AASHTO 93 diseño de pavimentos, 1993).

Tabla 38.

Serviciabilidad final

| Tipo de vía | Serviciabilidad final, Pt |
|-------------|---------------------------|
| Autopista | 2.5 - 3.0 |
| Carretera | 2.0 - 2.5 |

Nota. Serviciabilidad para carretera. Fuente (AASHTO 93 diseño de pavimentos, 1993).

Basándonos en los datos presentados en las tablas anteriores, se ha considerado un valor de Serviciabilidad Inicial (Po) de 4.2 y un valor de Serviciabilidad Final (Pt) de 2.0. Es necesario calcular la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y la Serviciabilidad Final.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

P_o = Índice de servicio inicial

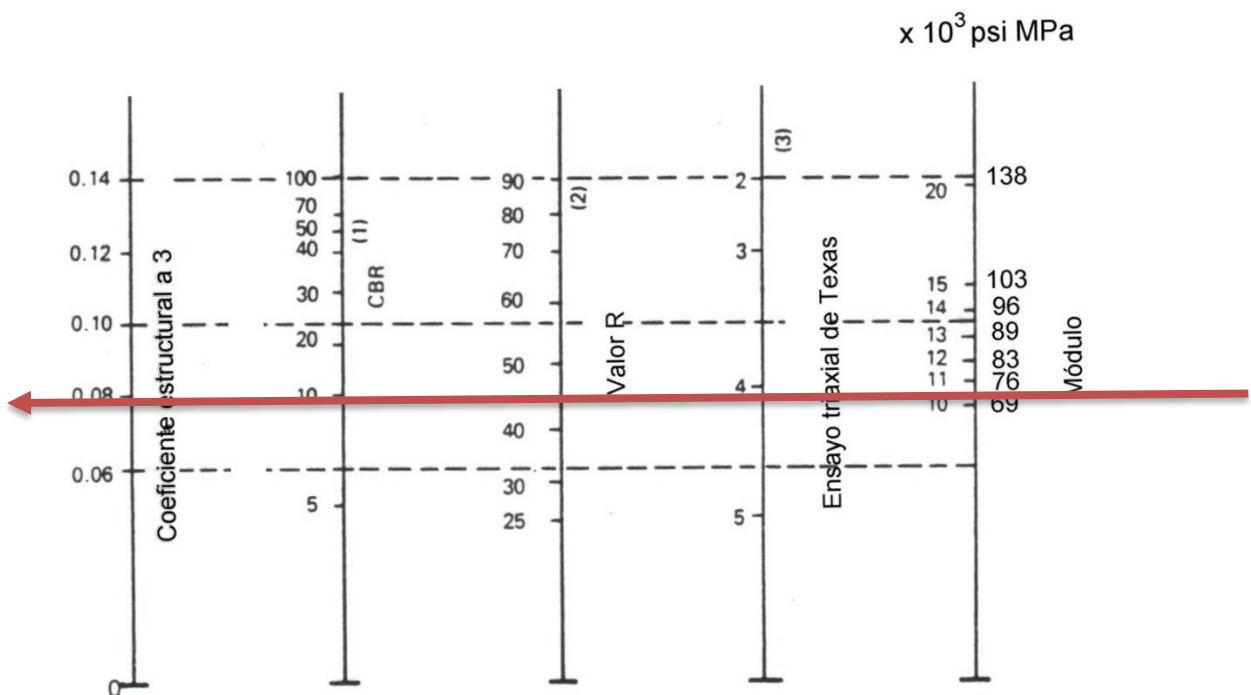
P_t = Índice de servicio final.

Modulo resiliente de diseño

Para Alarcón y Montaluisa (2016) el módulo resiliente: se obtiene mediante ensayos Triaxiales dinámicos en especímenes sometidos a cargas repetidas. También mediante se halla el MR mediante correlaciones con otros ensayos como el CBR. En este proyecto de Diseño Vial al Ingreso al Barrio “Santo Domingo”, en función del CBR (obtenido de una correlación con el ensayo DCP), se obtiene el coeficiente del material o también conocido como coeficiente estructural (a) y también usando la siguiente figura se obtiene el Módulo Resiliente (MR).

Figura 34.

Coeficiente estructural de la capa de sub-base



Nota. Coeficiente estructural para la vía. Fuente (AASHTO 93 diseño de pavimentos, 1993).

Mediante la siguiente ecuación en función del CBR se correlaciona y se obtiene el valor del Módulo Resiliente.

$$Mr = (2555x(CBRdiseño)^{0.61})PSI$$

Tabla 39.

Periodos de Diseño

| | |
|---|-------------|
| Modulo resiliente de la sub-base | 10139,67103 |
| Coefficiente estructural A3 | 0,08 |

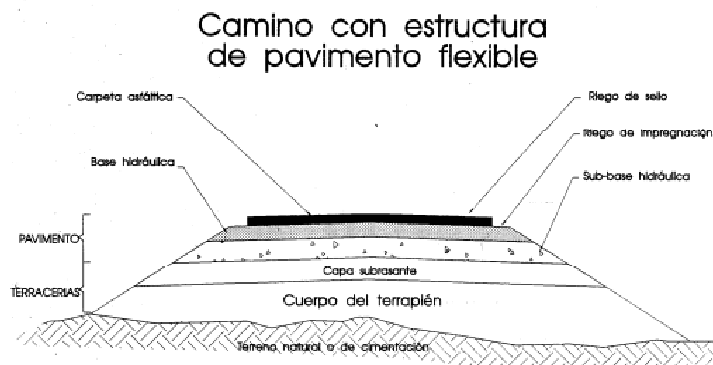
Nota. Resultados de modulo resiliente para la vía. Elaborado por: El autor.

Determinación del número estructural para pavimento flexible SN

El cálculo del número estructural se llevará a cabo utilizando el software "Ecuación AASHTO 93". En este programa, se ingresarán varios parámetros como el tipo de pavimento (ya sea flexible o rígido), la confiabilidad (R), la desviación estándar (So), los índices de Serviciabilidad (Po y Pt), el módulo resiliente de la subrasante (Mr) y el parámetro W18. El software realiza los cálculos basados en la siguiente fórmula:

Figura 35.

Espesores mínimos en función del número estructural



Nota. Estructura del pavimento flexible. Fuente: Murillo (2012). Generalidades sobre Vías y Pavimentos Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo

Para que no existan deformaciones muy grandes, los materiales de las capas que son parte de la estructura de la vía (capa de rodadura, base y subbase), tendremos que conocer los parámetros de estos, para el diseño como lo son: coeficientes estructurales, módulos de resiliencia por cada capa, además de datos que nos proporciona la AASHTO.

Figura 36.

Obtención de coeficientes estructurales según la AASHTO

| COEFICIENTES ESTRUCTURALES (a) Y MÓDULOS DE RIGIDEZ ELÁSTICA (M _R) | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----------------|-------|--|----------------|---------|
| ELEMENTO ESTRUCTURAL | a (1/cm) | VALORES LÍMITE | | M _R (psi) | VALORES LÍMITE | |
| | | MIN | MÁX | | MIN | MÁX |
| carpetas (c. a.): | | | | | | |
| concreto asfáltico (ca) | 0.0665 LN(MR)-0.6937 | 0.120 | 0.178 | 477.74 (E _{ms}) - 2916.8 | 212,000 | 450,000 |
| mezcla en frío (mi) | 0.0665 LN(MR)-0.6937 | 0.118 | 0.164 | 468.63 (E _{ms}) + 4028.7 | 207,000 | 378,000 |
| bases (b. a.): | | | | | | |
| agregados triturados (bg) | 0.0098 x LN(CBR) + 0.0095 | 0.052 | 0.059 | -0.9696 (CBR) ² + 272.39 (CBR) + 12947 | 28,500 | 32,000 |
| tratada con cal (bti) | 0.0009 x F _c + 0.037 | 0.040 | 0.060 | 15185 (F _c)-76941 | 29,000 | 303,000 |
| asfáltica, mezcla en frío (bta) | 0.1301 log(E _{ms}) - 0.2526 | 0.083 | 0.126 | 468.63 (E _{ms}) + 4028.7 | 183,000 | 378,000 |
| asfáltica, concreto asfáltico (bca) | 0.0665 LN(MR)-0.6937 | 0.122 | 0.178 | 477.74 (E _{ms}) - 2916.8 | 212,000 | 450,000 |
| tratada con cemento (btc) | 0.0009 x F _c + 0.037 | 0.055 | 0.100 | 7448.4 (F _c) + 403682 | 550,000 | 925,000 |
| sub-bases hidráulicas (sb. a.) | | | | | | |
| subrasantes (sr) | 0.0086 LN(CBR) + 0.0158 | 0.049 | 0.053 | -1.3125 (CBR) ² + 244.43 (CBR) + 8546.7 | 17,000 | 20,000 |
| | ----- | ----- | ----- | -7.0629 (CBR) ² + 624.83 (CBR) + 1444.8 | 3,000 | 11,100 |

Donde:

- CBR** ; Valor Relativo de Soporte (valor absoluto)
- F_c** ; Resistencia a la compresión simple (kg/cm²)
- E_{ms}** ; Estabilidad Marshall, en mezclas asfálticas, kg
- M_R** ; Módulo de rigidez elástica (psi)

Nota. Coeficiente según AASHTO. Fuente: (AASHTO 93 diseño de pavimentos, 1993).

Para encontrar la capacidad de drenaje, será de gran ayuda los datos de las precipitaciones dados por la estación Izobamba (esta estación indica la precipitación media mensual desde el año 1999 hasta el año 2012, siendo el 2008 el año con más precipitaciones). Mediante el uso de la siguiente expresión.

$$C = \frac{\text{Precipitaciones de meses de lluvias} \times 100}{\text{Precipitación total del año}}$$

Precipitación de invierno = 1276.6 mm

Precipitación 2008 = 2032.3 mm

Con todos los datos que hemos conseguido, se identificó los meses con más lluviosos (desde noviembre hasta abril), de la estación húmeda del año 2008, que como se dijo anteriormente es el año con mayor precipitación (datos obtenidos de la estación Izobamba). Utilizando la anterior ecuación se tiene:

$$C = \frac{1276.6 \times 100}{2032.3} = 62.82\%$$

De acuerdo con esta expresión se tiene que el porcentaje de saturación es de 62.82%.

Con este porcentaje, se obtiene los coeficientes de drenaje m para las capas: base 1.15 y subbase 1.00

Figura 37.

Coefficiente de drenaje para pavimentos flexibles

| CALIDAD DEL DRENAJE | REMOCION DEL AGUA | Tiempo de saturación del pavimento | | | |
|---------------------|-------------------|------------------------------------|-------------|-------------|------|
| | | < 1% | 1 - 5% | 5 - 25% | >25% |
| Excelente | 2 horas | 1.40 - 1.35 | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1.20 |
| Buena | 1 día | 1.35 - 1.25 | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.00 | 1.00 |
| Regular | 1 semana | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1.05 | 1.00 - 0.80 | 0.80 |
| Pobre | 1 mes | 1.15 - 1.05 | 1.05 - 0.80 | 0.80 - 0.60 | 0.60 |
| Muy pobre | > 1 mes | 1.05 - 0.95 | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0.40 |

Nota. Coeficiente de drenaje para la vía. Fuente (AASHTO 93 diseño de pavimentos, 1993)

Con base a la ecuación dada por la normativa AASHTO 93, se podrá encontrar los espesores de las capas de la vía, el cual está en función también del coeficiente “a” y los coeficientes de drenaje obtenidos anteriormente.

$$SN^* = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$D = \frac{SN}{a_i * m_i}$$

Donde:

a 1, a2 y a3 = coeficientes de capa.

D1, D2 y D3 = Espesores de cada capa de la estructura de la vía.

m 2 y m3 = Coeficientes de drenaje para base y subbase, obtenidos anteriormente.

Para el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (2002): ya para el diseño y ejecución no conviene usar los espesores mínimos, debido a que al usar espesores más grandes que los menores permitidos, estas capas serán más estables. En ciertos casos se puede mitigar los efectos que son causados por los suelos expansivos. La siguiente tabla indica según la norma AASHTO 93, los espesores mínimos (pulgadas) de acuerdo con el tránsito.

Tabla 40.

Espesores, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes

| Espesores mínimos, en pulgadas, en función de los ejes equivalentes | | |
|--|---------------------------|----------------------|
| Tránsito (Esal's) | Concreto Asfáltico | Base Granular |
| <50,000 | 1.0 ó T.S.D | 4.0 |
| 50,001-150,000 | 2.0 | 4.0 |
| 150,001-500,000 | 2.5 | 4.0 |
| 500,001-2 000,000 | 3.0 | 6.0 |
| 2 000,001-7 000,000 | 3.5 | 6.0 |
| >7 000,000 | 4.0 | 6.0 |

Nota. Espesor de la vía. Fuente: (AASHTO 93 diseño de pavimentos, 1993)

En tanto se cumpla con la siguiente igualdad:

$$SN \text{ (del cálculo)} \geq SN \text{ (programa informático, Excel) Ok}$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

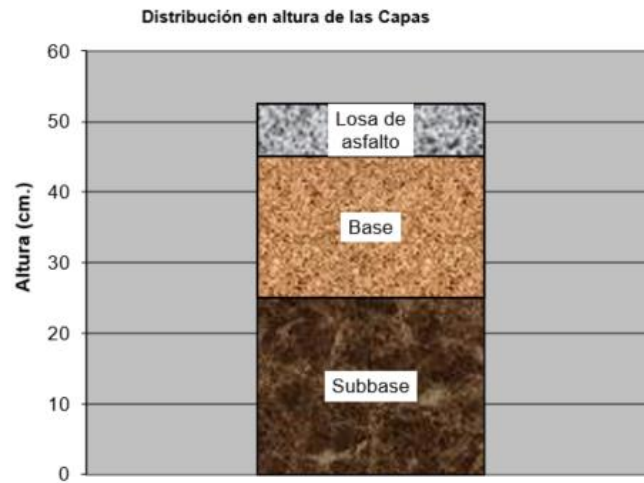
$$SN = (0.17*7.5) + (0.052*20*1.15) + (0.051*25*1.00)$$

$$SN = 3,746 > 3.610 \text{ Ok.}$$

Al finalizar obteniendo los espesores de la estructura del pavimento en este caso flexible. Se presentará el ancho de las capas de la estructura: 7.5cm de carpeta asfáltica, 20cm de base y 25 cm de sub-base representados en el siguiente gráfico.

Figura 38.

Espesores definitivos para la estructura del pavimento



Nota. Resultados finales de la estructura del pavimento. Elaborado por: El autor.

4.5.2 Pavimento Articulado

Según Bahamondes (2013), el pavimento articulado consta de capas similares a las del pavimento flexible y rígido. La distinción principal entre estos tipos radica en la estructura de la superficie de rodamiento, ya que el pavimento articulado está compuesto por adoquines intertrabados, lo que le confiere un comportamiento semiflexible. La disposición de los adoquines incluye una capa de adoquín, relleno de arena en las juntas, una cama de arena, base y subbase.

Morrish (1980) describe los adoquines como la capa superior del pavimento articulado, con un espesor que varía entre 50 y 100 mm, dependiendo de las cargas que soportará. La resistencia a la compresión de estos adoquines se encuentra entre 25 y 45 MPa.

Además, Bahamondes (2013) menciona que la cama de arena, con un espesor compactado entre 3 cm y 7 cm, se utiliza para nivelar la superficie antes de colocar los adoquines. Durante la compactación, el material fino se eleva entre las juntas, lo que contribuye a la interconexión mecánica entre los adoquines. Las capas inferiores están diseñadas para disipar las cargas provenientes de la capa superior, asegurando que la subrasante no esté sometida a tensiones que superen sus límites admisibles.

Datos para el Diseño

Tabla 41.

Datos de diseño para determinar el espesor del pavimento articulado

| Descripción | Valores |
|------------------------------------|----------|
| Índice de Confianza (%) | 80 |
| Índice de Servicio Inicial | 4,2 |
| Índice de Servicio Final | 2 |
| Índice de Servicio de Diseño | 2,2 |
| Desviación Estándar, S_o | 0,4 |
| Desviación Normal (Z_r) | -0,841 |
| CBR de Sub-rasante (%) | 9,58 |
| Módulo de Resiliencia, M_r (PSI) | 10850,88 |
| Período de Diseño (años) | 20 |
| Numero de ejes Equivalentes | 7165878 |

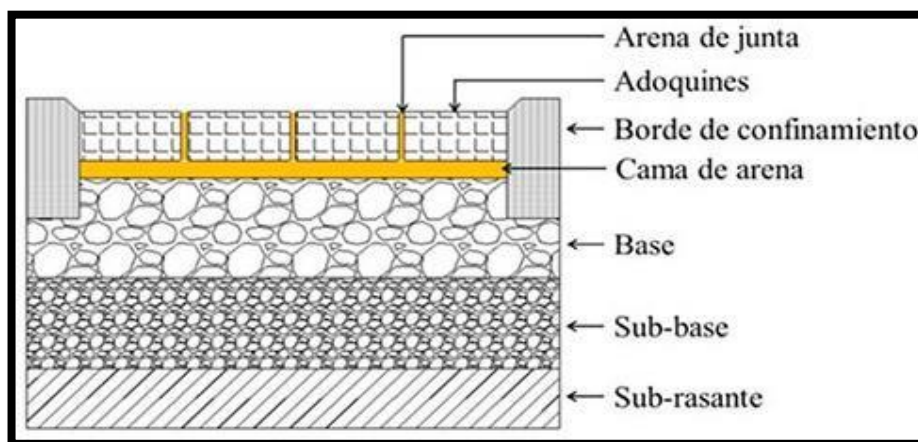
Nota. Resumen para el diseño del pavimento. Elaborado por: El autor.

Mediante el uso de programas informáticos se determinó que el numero estructural de la subrasante es de

Para conocer el número de capas al igual que en el pavimento flexible es necesario disponer los siguientes datos: CBR, numero de ejes equivalente de 8.2 ton, nivel freático, entre otros.

Figura 39.

Sección Transversal Pavimento semiflexible o articulado (Adoquín)



Nota. Partes que componen pavimento articulado. Fuente: (Rodrigo Bahamondes, 2013).

Mediante la ecuación que propone la norma AASHTO 93 se obtendrá el número estructural:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

Donde:

SN = Número Estructural

a_1 = Coeficiente (Adoquín) = (0.42 para adoquín de 80mm y 40mm de capa de arena)

a_2 = Coeficiente de Base

D_1 = Espesor del Adoquines

D_2 = Espesor de la Base del suelo

Si consideramos que los espesores del Adoquín son de 8cm o 3.15plg.

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2$$

$$3,61 = 0.42 (3.15) + 0.13 (D_2)$$

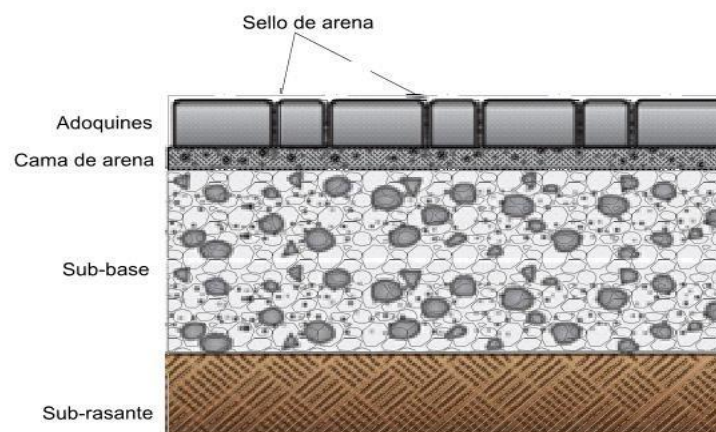
$$D_2 = 17,59\text{plg}$$

$$D_2 = 44.68\text{cm}$$

Mediante el método AASHTO se encontró que el espesor de la base es de 45cm, para un adoquinado de 8 cm y una base de arena de 4cm.

Figura 40.

Sección Transversal (Adoquín)



Nota. Sección transversal de pavimento articulado. Elaborado por: El autor.

Tabla 42.

Espesores aplicando los dos métodos

| Método de diseño | Estructura | Espesor (cm) |
|-------------------------|-------------------|---------------------|
| AASHTO | Adoquines | 8 |
| | Capa de arena | 4 |
| | Sub-base | 25 |

Nota. Espesores de pavimentos a ejecutar. Elaborado por: El autor.

4.6 Señalización

Considerando la normativa vigente de señalización vial, que se ha utilizado para el proyecto, se observara los diseños de señalización elaborados para el diseño de la vía ubicada en el barrio “Santo Domingo”, la norma tiene como objetivo brindar claridad en las condiciones de seguridad en la calzada, tomando en cuenta que la señalización debe tener las siguientes características para informar a los transeúntes (de ser necesario): peligros, prevención, indicaciones y advertencias en todo el tramo de la vía, ya sea en las calles principales como las secundarias en este caso del barrio “Santo Domingo”.

La implantación de la vía, se la realizara en la parroquia de “Cutuglagua” del canto Mejía, los accesos hacia el barrio “Santo Domingo” cuentan con dos vías principales a este y de vías secundarias que cuentan con flujo vehicular en ambos sentidos. Para el desarrollo del diseño vial se efectuará la señalización horizontal y vertical mediante el uso de la normativa INEN, ya que esta regula la circulación vertical y de las personas con la necesidad imperiosa de otorgar a las personas de la comunidad un sitio donde puedan trasladarse de forma rápida, segura y sin contratiempos.

4.6.1 Señalización horizontal

Para la normativa MTOP (2013), la señalización horizontal tiene elementos como: demarcaciones: líneas, símbolos, letras en las que disponemos de la tachas retro-reflectantes (para días con neblina o cuando no haya luz solar), tendrá como objetivo proveer de información para la prevención y regulación del tránsito.

Se debe estar al tanto que la visibilidad de estas señales puede verse afectados por otros fenómenos como la lluvia, polvo, smog en las ciudades, un tráfico muy alto. Esta señalización habrá de cumplir las condiciones de acuerdo con la norma y al diseño que se proponga. “La combinación de forma, tamaño, colores y disposición del mensaje busca lograr una claridad, simplicidad y comprensión inequívoca. Es esencial que las características de color y tamaño sean visibles y legibles tanto de día como de noche, incluyendo períodos de visibilidad reducida” (RTE INEN 004 - 2, p.4).

Líneas Longitudinales

“Las marcas viales longitudinales se utilizan para señalar y definir los carriles y vías, así como para indicar áreas con restricciones de adelantamiento o estacionamiento para ciertos tipos de vehículos (RTE INEN 004-2, 2011, p. 10).

Estas marcas longitudinales se dividen en:

Líneas de separación de flujos opuestos

Las marcas de color amarillo, situadas en calzadas bidireccionales, sirven para delimitar los flujos de tráfico en direcciones opuestas y normalmente se colocan en el centro de la vía, aunque algunas pueden no coincidir con el eje central (RTE INEN 004-2, 2011, p. 11).

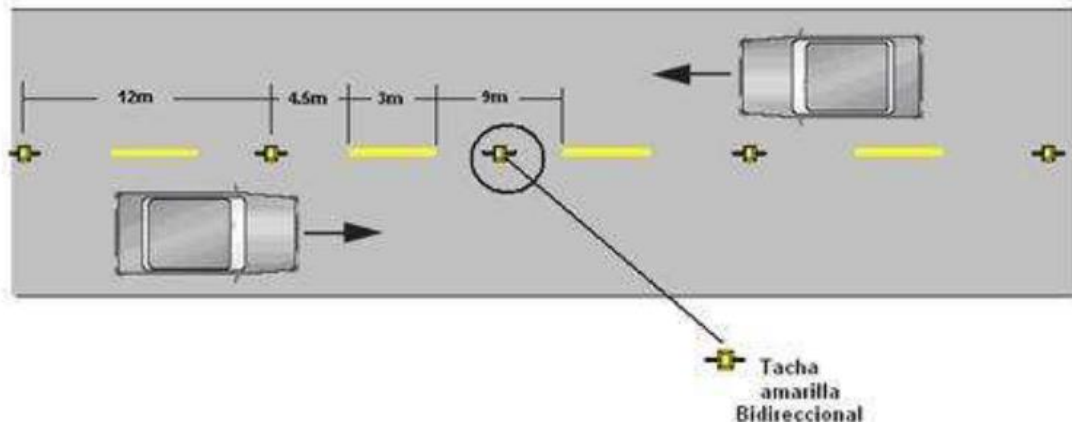
Las líneas se subdividen en:

Líneas segmentadas de separación de circulación opuesta

Estas líneas serán de color amarillo y se podrá cruzar en caso en que haya mucha seguridad, son usados donde la geometría de la calle nos permita rebasar o girar.

Figura 41.

Líneas segmentadas



Nota. Ejemplo de líneas de segmentadas. Fuente: RTE INEN 004-2, 2011, p. 11

Tabla 43.

Relación señalización línea de separación de circulación opuesta segmentada

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

Nota. Fuente: RTE INEN 004-2, 2011, p. 1. Elaboración propia

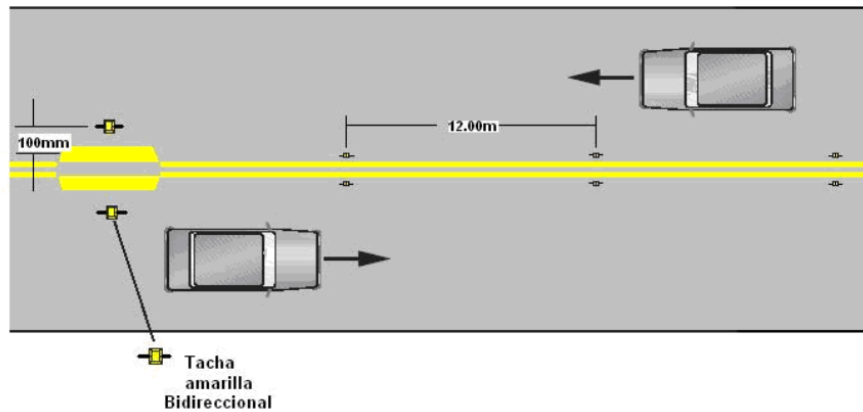
En este proyecto de acuerdo a velocidad del diseño geométrico, con la información de la anterior tabla se tomó la velocidad máxima de la vía menor o igual a 50 (km/h), con un ancho de línea en milímetros de 100, un patrón en metros de 12 y la relación de señalización de 3-9.

Doble línea Continua

Según RTE INEN 004-2 (2011), este tipo de señalización consiste en dos líneas amarillas paralelas, con un ancho que oscila entre 100 mm y 150 mm, separadas por 100 mm, y que están acompañadas por tachas a los costados. Estas marcas se emplean en vías de doble sentido de circulación cuando las condiciones, como curvas o pendientes, limitan la visibilidad, impidiendo realizar adelantamientos o giros de manera segura.

Figura 42.

Doble Línea continua



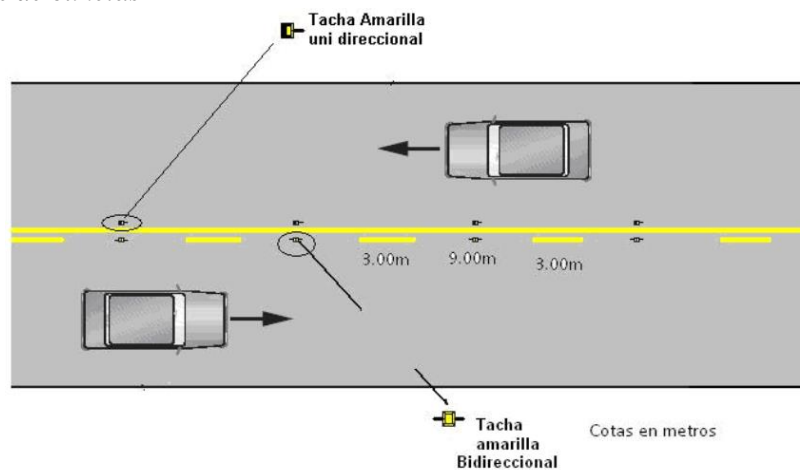
Nota. Ejemplo de línea continua. Fuente: RTE INEN 004-2, 2011, p. 12.

Doble Línea Mixta

Según la normativa RTE INEN 004-2 (2011) este tipo de señalética consta de doble líneas amarillas en paralelo, una debe ser continua y segmentada de un ancho de al menos 100 mm y se encuentran separadas a 100 mm. Son utilizadas en calles de doble sentido de tránsito, cuando esté prohibido rebasar.

Figura 43.

Secciones típicas de cunetas



Nota. Ejemplo de alcantarillas y cunetas. Fuente: RTE INEN 004-2, 2011, p. 13.

Líneas de separación de carril continuas

Para la normativa RTE INEN 004-2 (2011): este tipo de señalética son líneas que separan de carriles continuas, son usados principalmente para añadir ciclo vías y carriles para el uso de buses, otra característica es que son de color blanco.

Líneas de borde de calzada

Según RTE INEN 004-2 (2011): este tipo de señalética son líneas es fundamental para indicar a los usuarios, el borde de la calzada (en situaciones de baja visibilidad), y en base a esta información conocer la posición con respecto al borde.

Líneas Transversales

De acuerdo con la norma RTE INEN 004-2 (2011): este tipo de señalética es usada en cruces para informar el sitio anterior del cual los automotores deberán parar, también para indicar sendas para el cruce de personas y de ciclistas.

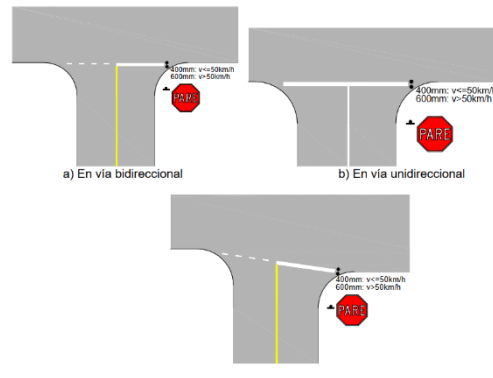
Estas líneas se dividen en:

Línea de pare

Según la norma RTE INEN 004-2 (2011), esta señalización consiste en una línea continua que atraviesa la vía y señala el punto donde los vehículos deben detenerse. En vías con una velocidad máxima permitida de 50 km/h o menos, el ancho de esta línea debe ser de 400 mm. En el caso de vías con velocidades superiores, el ancho requerido será de 600 mm.

Figura 44.

Señal vertical de pare



Nota. Ejemplo de posición de señal pare. Fuente RTE INEN 004-2, 2011, p. 28

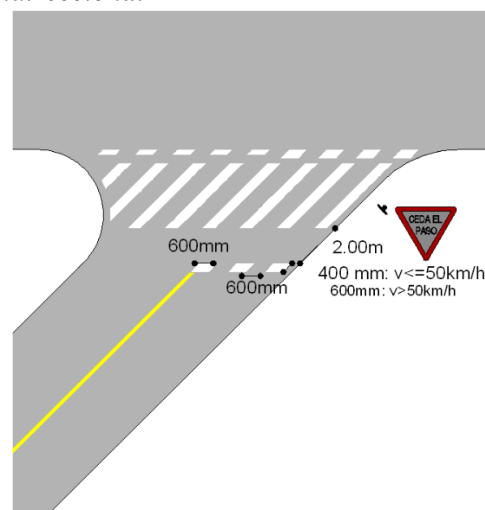
De acuerdo al diseño se propone usar un ancho de 400 mm

Línea de ceda el paso

Según la norma RTE INEN 004-2 (2011), este tipo de señalización consiste en una línea segmentada que indica la posición de parada segura para los vehículos si es necesario. Sus características incluyen segmentos de 60 cm con un espaciado de 60 cm. En vías con una velocidad máxima de 50 km/h o menos, el ancho de esta línea debe ser de 40 cm, mientras que en vías con velocidades superiores, el ancho requerido es de 600 mm.

Figura 45.

Línea "ceda el paso" en vía bidireccional



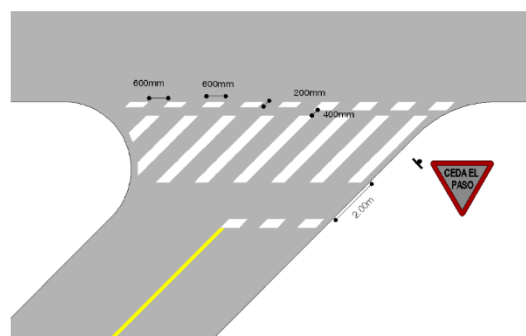
Nota. Ejemplo de paso cebra. Fuente: RTE INEN 004-2, 2011, p. 34.

Línea de detención

Según la norma RTE INEN 004-2 (2011) este tipo de señalética es la línea que informa acerca a los usuarios donde virar en una intersección, el sitio donde tendrán que detenerse y dar paso a los transeúntes. Cuenta con las siguientes características: línea segmentada de 60 cm por 30 cm de ancho, espaciamiento de 60 cm.

Figura 46.

Línea de detención



Nota. Ejemplo de señal de ceda el paso. Fuente: RTE INEN 004-2, 2011, p. 39.

Símbolos y leyendas

Según la norma RTE INEN 004-2 (2011), se emplea para orientar y advertir a los conductores. Los tipos de señalización abarcan flechas, triángulos de ceda el paso y leyendas como "pare" o "bus", entre otras.

4.6.2 Señalización vertical

De acuerdo con la norma INEN SEÑALIZACION VIAL VERTICAL (2011): la señalización vertical es todo tipo de dispositivo de control de tránsito, que será útil para informar a los conductores o transeúntes, ya sea con palabras o símbolos.

Señales regulatorias (Código R):

Con base con la norma INEN SEÑALIZACION VIAL VERTICAL (2011): regulan el movimiento del tráfico y enseñan cuando se debe aplicar una obligación legal, en caso de que

no considere a la misma existirá una infracción de tránsito.

Serie de prioridad de paso R1:

Habrán de ser ubicadas en accesos, intersecciones o puntos clave en las que se considere pertinente aplicar la reglamentación de estas señales.

Pare:

Se instala en las proximidades de los cruces viales, cuando una vía tiene prioridad sobre otra, y requiere que el vehículo se detenga frente a esta señal antes de ingresar a la intersección.



En los puntos donde las carreteras se encuentran, es esencial instalar la señal lo más cercana posible al área donde las calzadas se cruzan. Si una carretera regulada por señales se une en un ángulo cerrado en una intersección, es crucial posicionar la señal de manera que no llame la atención de los conductores que se aproximan desde la vía que se cruza.

Ceda el paso:

Se emplea en los tramos previos a intersecciones donde los conductores que deben ceder el paso tienen una adecuada visión del flujo vehicular en la vía principal.



Indica a los conductores la obligación de ceder el paso a los vehículos que circulan por la carretera que se aproxima, siempre y cuando haya suficiente espacio en el flujo de vehículos de esa vía para cruzar o unirse con seguridad. (INEN SEÑALIZACIÓN VIAL VERTICAL, 2011)

Serie de movimiento y dirección:

Los conductores deben seguir únicamente la dirección establecida por las flechas de las señales de tránsito. Esto significa que deben desplazarse en la dirección señalada por las flechas en el momento en que se encuentren frente a estas indicaciones viales.

Una vía izquierda, o derecha:

Los conductores deben seguir únicamente la dirección establecida por las flechas de las señales de tránsito. Esto significa que deben desplazarse en la dirección señalada por las flechas en el momento en que se encuentren frente a estas indicaciones viales.



Doble vía:

Se coloca al inicio de una vía de doble sentido y se repite en todas las intersecciones y cruces a lo largo de esta vía. Es importante que estas señales estén presentes en todas las intersecciones y cruces a lo largo de la vía para brindar una guía adecuada a los conductores.



Señales preventivas:

Proporcionan información a los usuarios de las carreteras sobre eventos inesperados o situaciones de riesgo en la carretera o áreas cercanas a ella. (INEN SEÑALIZACIÓN VIAL VERTICAL, 2011)

Señales de información:

Brindan datos a los usuarios de las vías sobre direcciones, distancias, destinos, rutas alternativas, así como ubicación de puntos de interés turístico para orientar y facilitar la navegación en la carretera. (INEN SEÑALIZACIÓN VIAL VERTICAL, 2011)

Señales especiales delineadoras:

Indican a los conductores que se aproximan a zonas de la vía donde se produce un cambio repentino en el ancho, la altura o la dirección del camino, o advierten sobre la presencia de obstáculos en la carretera. (INEN SEÑALIZACIÓN VIAL VERTICAL, 2011)

Señales para trabajos en la vía y propósitos especiales:

Señalan, orientan y dirigen a los usuarios de la vía para que transiten con precaución por zonas donde se realizan trabajos en la carretera o en las aceras. (INEN SEÑALIZACIÓN VIAL VERTICAL, 2011)

Colocación lateral en zona urbana

En calles que disponen de aceras, las señales deben ubicarse a una distancia no menor de 300 mm ni mayor de 1.00 m desde el borde del bordillo. Existen bordillos que pueden ser atravesados, la separación mínima requerida para colocar las señales es de 500 mm. (INEN SEÑALIZACIÓN VIAL VERTICAL, 2011)

Altura en zona urbana

En áreas con aceras, se requiere que la distancia vertical libre desde la superficie de la acera hasta la parte inferior de la señal sea de al menos 2.00 metros para evitar interferencias con el paso de los peatones. No obstante, esta altura se puede aumentar a 2.20 metros para evitar posibles inconvenientes ocasionados por vehículos estacionados, como se muestra en la figura adjunta (INEN SEÑALIZACIÓN VIAL VERTICAL, 2011).

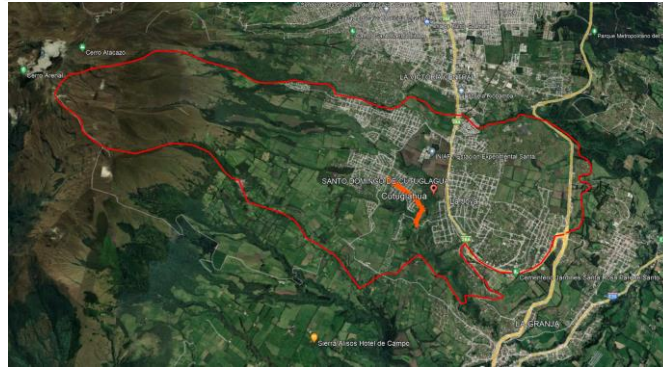
En situaciones en las que no se considera la presencia de peatones o vehículos estacionados, como al instalar señales en islas de tránsito o separadores, las regulaciones indican que las señales deben colocarse generalmente en el lado derecho de la calzada. Sin embargo, también se pueden instalar en el lado izquierdo o en ambos lados para minimizar el tiempo necesario de percepción y reacción del conductor, especialmente en vías de un solo sentido. En ciertas circunstancias particulares, las señales regulatorias pueden ser ubicadas en posiciones elevadas sobre la calzada para mejorar su visibilidad y comprensión (INEN SEÑALIZACIÓN VIAL VERTICAL, 2011).

4.7 Evaluación Ambiental

La parroquia de Cutuglagua se localiza al norte del cantón Mejía, y sus límites son con el cantón Quito al norte, con la parroquia Tambillo al sur y oeste, y con la parroquia Uyumbicho, también del cantón Mejía, al este, según se establece en el Registro Oficial No. 697 de 1987. Este lugar presenta un clima templado húmedo, con una temperatura media de alrededor de 11,6 grados Celsius y un registro anual de precipitaciones que oscila entre 1350 y 1400 mm, según datos proporcionados por el GAD Municipal del Cantón Mejía en 2015. En cuanto a su altitud, la parroquia se encuentra entre los 2800 y 4200 metros sobre el nivel del mar.

Figura 47.

Área de influencia del proyecto



Nota. La línea roja representa los límites del proyecto técnico. Elaborado por: El autor.

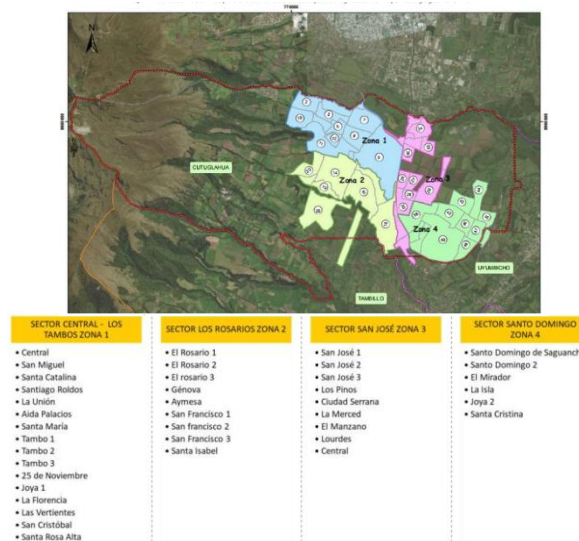
4.7.1 Área de influencia socio económica

El área directamente afectada por la construcción de la vía incluirá principalmente a la población residente del barrio "Santo Domingo", donde se llevará a cabo la ampliación y construcción de nuevas vías internas. Esta comunidad será la más impactada por los cambios y mejoras en la infraestructura vial.

Por otro lado, el área de influencia indirecta comprenderá las comunidades vecinas cercanas a la ubicación de la vía en la Zona 2. Estas áreas circundantes, denominadas Zona 1, Zona 3 y Zona 4, se verán influidas por los efectos colaterales de la construcción vial.

Figura 48.

Zonas y barrios influenciados por el proyecto



Nota. Distribución de los barrios de influencia del proyecto. Fuente: Equipo SIGMA Consultores, 2015.

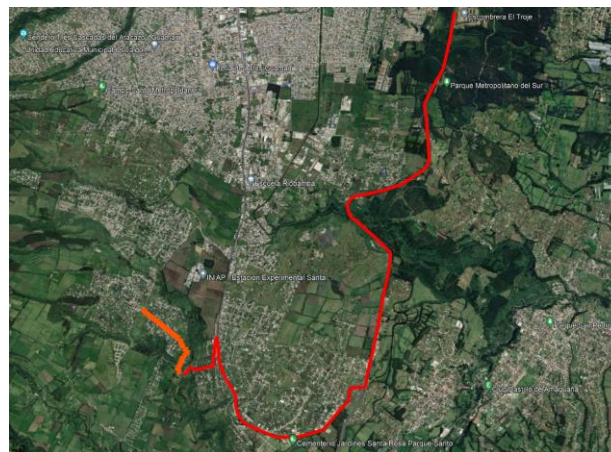
4.7.2 Ubicación de escombrera

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo para determinar la ubicación adecuada del vertedero de tierra excedente resultante del proyecto. Este proceso implicó evaluar varios sitios de disposición final, priorizando aquellos que se ajustan a las regulaciones ambientales vigentes.

Después de un minucioso estudio, se ha determinado que el vertedero idóneo para depositar el exceso de tierra será en el Troje IV, que se encuentra a una distancia de 13.5 kilómetros del área del proyecto, como se detalla a continuación. La selección de este vertedero se basó principalmente en su proximidad al sitio del proyecto, lo cual facilitará y optimizará el transporte y la disposición de los materiales de manera eficiente y en conformidad con las normativas ambientales establecidas.

Figura 49.

Secciones típicas de cunetas



Nota. Ubicación de la escombrera el troje IV. Elaborado por: El autor.

Dado el constante crecimiento experimentado por el Distrito Metropolitano de Quito, resulta esencial disponer de áreas de manejo de escombros que operen conforme a estándares técnicos y en plena conformidad con las normativas ambientales vigentes. La localización y el diseño de dichas áreas deben regirse por principios de ingeniería, garantizando así que la Empresa Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos (EMGIRS EP) cuente con los recursos necesarios para aplicar adecuadamente el Modelo de Gestión Integral de Escombros.

En este contexto, la EMGIRS EP llevó a cabo un Estudio de Impacto Ambiental Ex Post sobre las operaciones realizadas en la escombrera El Troje IV, con estricta adherencia a los requisitos legales establecidos por la normativa ambiental nacional. Este estudio se desarrolló conforme a los Términos de Referencia (TDRS) aprobados por la autoridad competente, los cuales fueron elaborados en base al Certificado de Intersección emitido por el Ministerio de Ambiente de Ecuador, determinando previamente que el proyecto se clasifica dentro de la Categoría III.

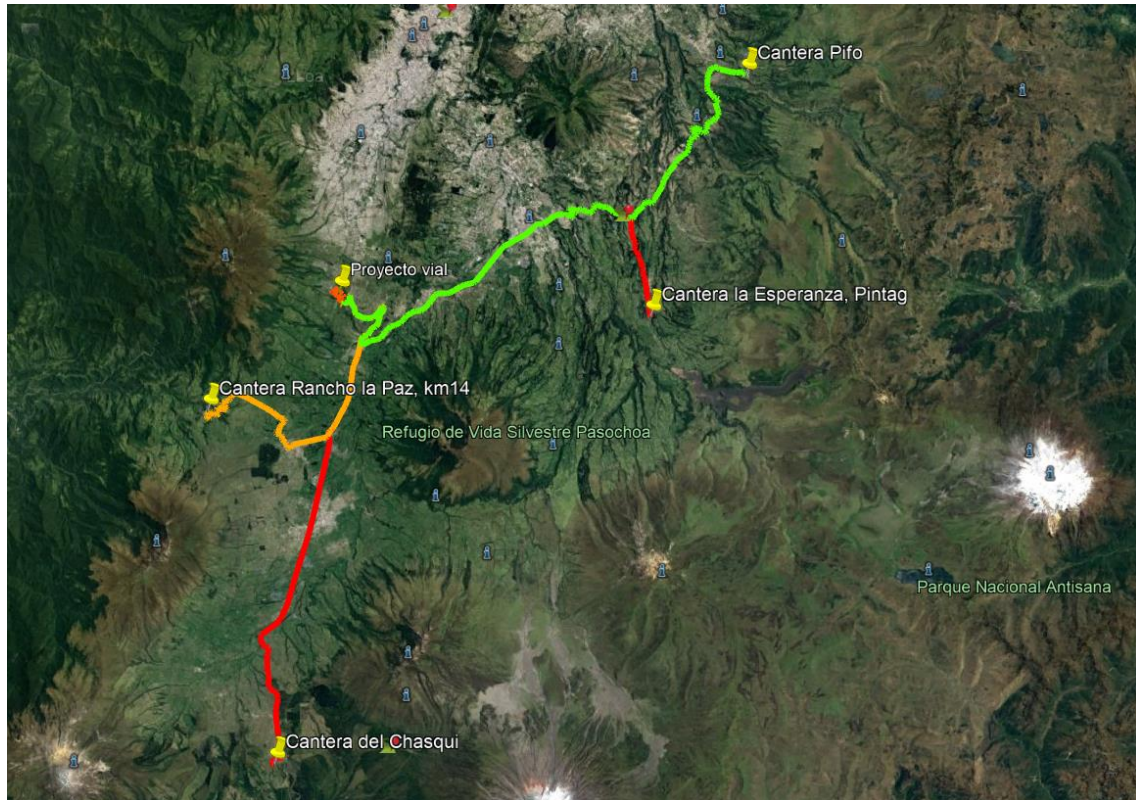
Ubicada en la provincia de Pichincha, en el cantón Quito, específicamente en la parroquia Turubamba, la escombrera El Troje IV limita con los barrios "Músculos y Rieles" y "El Conde 4", situados al otro lado de la Av. Simón Bolívar. El área bajo estudio abarca la escombrera El Troje IV, abarcando 21 hectáreas, y su zona de influencia, donde se llevó a cabo el levantamiento de la línea base del proyecto.

Esta instalación inició sus operaciones el 5 de enero de 2015 y cuenta con una capacidad aproximada de recepción de 3'030.000 metros cúbicos (m³) de escombros. Se encuentra operativa de lunes a sábado, en horario de 7:00 a 19:00, ubicada a 1 kilómetro al sur de la Argelia, sobre la avenida Simón Bolívar. Además, el costo por metro cúbico de material ingresado es de \$0.45 dólares más IVA, según información proporcionada por EMGIRS-EP QUITO en 2016.

4.7.3 Ubicación de mina

Figura 50.

Ubicaciones de las principales minas cercanas al proyecto



Nota. Ubicación de las minas cercanas Elaborado por: El autor.

A continuación, se muestran las distancias a recorrer desde la ubicación de la mina hacia el proyecto:

- Cantera “Rancho la Paz”, km14 ubicada a 29 Km del proyecto Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.
- Cantera el Chasqui ubicada a 39 Km del proyecto Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.
- Cantera “La Esperanza, Pintag” ubicada a 41 Km del proyecto Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.
- Cantera Pifo ubicada a 51 Km del proyecto Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.

Se requerirá llevar a cabo pruebas específicas para asegurar la calidad y tipología de los agregados pétreos. En este sentido, se detallan a continuación los ensayos necesarios, incluyendo análisis granulométricos y pruebas de abrasión, que serán realizados en la cantera más próxima, denominada "Rancho la Paz". Esta cantera se localiza a una distancia de 29 kilómetros del proyecto vial en los accesos al barrio "Santo Domingo de Cutuglagua".

Tabla 44.

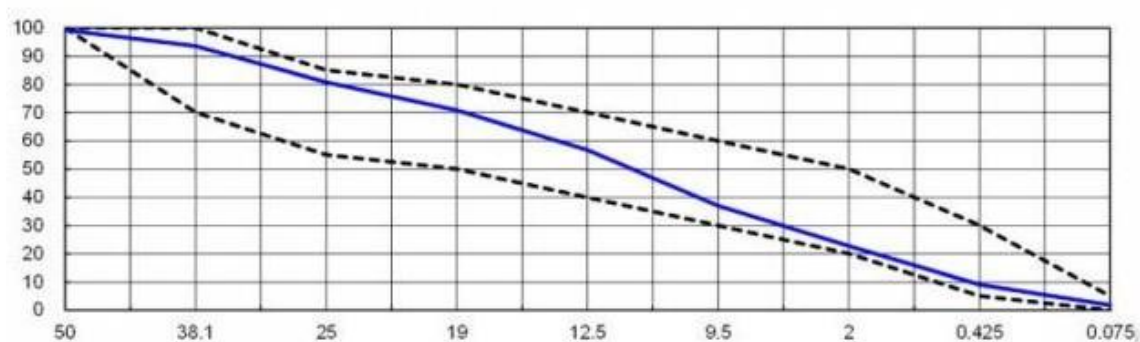
Granulometría BASE CLASE II

| TAMIZ | ABERTURA | RET. PARCIAL | RET. ACUM. | % | % | LÍMITES | |
|-------------------|----------|--------------|------------|----------|----------|---------|-----|
| N° | (mm) | (gr) | (gr) | RETENIDO | QUE PASA | min. | máx |
| 2 1/2" | 63 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| 2" | 50 | 524 | 524 | 0.7 | 99.3 | 100 | 100 |
| 1 1/2" | 38.1 | 4155 | 4679 | 6.5 | 93.5 | 70 | 100 |
| 1" | 25 | 9265 | 13944 | 19.3 | 80.7 | 55 | 85 |
| 3/4" | 19 | 7154 | 21098 | 29.2 | 70.8 | 50 | 80 |
| 3/8" | 12.5 | 10215 | 31313 | 43.3 | 56.7 | 40 | 70 |
| N° 4 | 9.5 | 14245 | 45558 | 63.0 | 37.0 | 30 | 60 |
| N° 10 | 2 | 10352 | 55910 | 77.3 | 22.7 | 20 | 50 |
| N° 40 | 0.425 | 9871 | 65781 | 90.9 | 9.1 | 5 | 30 |
| N° 200 | 0.075 | 5245 | 71026 | 98.2 | 1.8 | 0 | 5 |
| RECIPIENTE | | 1321 | 72347 | 100 | 0 | | |

Nota. Granulometría de los agregados. Elaborado por: El autor.

Figura 51.

Curva Granulométrica BASE CLASE II



Nota. Faja granulométrica. Fuente: GAD Municipal del Cantón Mejía.

Tabla 45.*Ensayo de Abrasión - Base Clase II*

| ENSAYO DE ABRASIÓN | |
|--|-------|
| TIPO DE GRADACIÓN | A |
| MASA INICIAL DE LA MUESTRA (gr) | 5093 |
| MASA RETENIDA EN EL TAMIZ No 12 DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (gr) | 3015 |
| MASA QUE PASA EL TAMIZ No 12 (gr) | 2078 |
| PORCENTAJE DE DESGASTE | 40.80 |

*Nota. Resultados del ensayo de abrasión. Fuente: GAD Municipal del Cantón Mejía.***Tabla 46.***Granulometría SUB-BASE CLASE III M-1*

| TAMIZ | ABERTURA | RET. PARCIAL | RET. ACUM. | % | % | LÍMITES | |
|-------------------|----------|--------------|------------|----------|----------|---------|------|
| Nº | (mm) | (gr) | (gr) | RETENIDO | QUE PASA | mín. | máx. |
| 3 1/2" | 88.8 | 0 | 0 | 0 | 100 | | |
| 3" | 76.2 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| Nº 4 | 4.76 | 20909 | 20909 | 71.1 | 28.9 | 30 | 70 |
| Nº 200 | 0.075 | 6524 | 27433 | 93.3 | 6.7 | 0 | 20 |
| RECIPIENTE | | 1963 | 29396 | 100 | 0 | | |

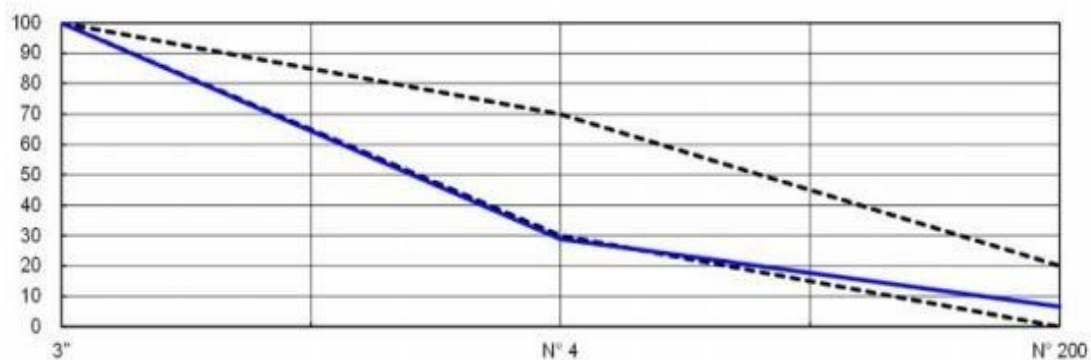
*Nota. Resultados del ensayo de granulometría. Elaborado por: El autor.***Figura 52.***Curva Granulométrica SUB-BASE CLASE III M-1**Nota. Se encuentra dentro de la faja granulométrica. Fuente: GAD Municipal del Cantón Mejía.*

Tabla 47.

Ensayo de Abrasión - Sub-Base Clase III M-1

| ENSAYO DE ABRASIÓN | |
|--|-------|
| TIPO DE GRADACIÓN | A |
| MASA INICIAL DE LA MUESTRA (gr) | 5080 |
| MASA RETENIDA EN EL TAMIZ No 12 DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES (gr) | 2746 |
| MASA QUE PASA EL TAMIZ No 12 (gr) | 2334 |
| PORCENTAJE DE DESGASTE | 45.94 |

Nota. Resultados de ensayo de abrasión sub-base. Fuente: GAD Municipal del Cantón Mejía

4.7.4 Evaluación de Impactos Ambientales

Según la Clasificación Ambiental Nacional, el proyecto se encuentra catalogado bajo el código CCAN numeral 23.4.1.1.4.4, identificado como Ampliación y Rectificación de Vías de Segundo Orden. Conforme al artículo 26 del Acuerdo Ministerial N°28 emitido por el Ministerio del Ambiente en 2015, los proyectos de esta naturaleza, considerados de impacto reducido, requieren obtener una Licencia Ambiental. En el siguiente apartado se presenta el plan de prevención y mitigación de impactos ambientales:

Tabla 48.

| PLAN DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL | | | | | |
|---|--|---|---|--|--|
| OBJETIVO: Garantizar la protección y sustentabilidad del entorno natural, lo cual puede ser influenciado por las regulaciones actuales relacionadas con diferentes actividades del proyecto a lo largo de sus etapas de construcción y funcionamiento. | | | | | |
| LUGAR DE APLICACIÓN: Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”. | | | | | |
| Aspecto Ambiental | Impacto ambiental identificado | Medidas propuestas | Indicadores | Medio de verificación | Plazo (meses) |
| Producción de material triturado | Alterar la calidad del aire. | El material deberá ser transportado con cubiertas o lonas. | (# de lonas utilizadas/ # de lonas Adquiridas) *100 | Registro fotográfico | 3 meses |
| | | Para prevenir la dispersión de polvo, se aplicará agua a la capa superficial del suelo mediante un camión cisterna. | (# de irrigaciones de agua diarias/# de veces de irrigación programadas) *100 | Registro en libro de obra de irrigación de agua | |
| Producción de emisiones gaseosas | Alterar la calidad del aire. | Durante la realización del proyecto, es necesario realizar mantenimiento correctivo y preventivo en la maquinaria al menos en tres ocasiones. | (# de mantenimientos realizados /# de mantenimientos programados) *100 | Certificaciones de mantenimiento. | 3 meses |
| Cambios en niveles de calidad del agua | Cambios temporales en la calidad del agua. | Los desechos sólidos deberán ser almacenados en los lugares autorizados. | (# de verificaciones realizadas / # verificaciones programadas) *100. | Registro en libro de obra de recolección de desechos sólidos en espacios autorizados | 3 meses |
| | | Se implementarán programas de concienciación sobre la preservación del agua dirigidos a los trabajadores y la población. | (# de capacitaciones impartidas /#capacitaciones programadas) *100 | Registro en libro de obra | Inicio de la ejecución del proyecto |
| Producción de vibraciones y ruido | Daños en la salud de trabajadores y población aledaña. | Todas las personas que participen en la obra deberán tener su respectivo equipo de protección. | (# de EPi entregados / # de EPi programados) *100 | Registro de entrega- recepción del EPi, Registro fotográfico | Al inicio y en la mitad de construcción del proyecto |
| | | Dar mantenimiento periódico de la maquinaria y equipo. | (# de mantenimientos realizados / # de mantenimientos programados) *100 | Registro de mantenimiento en libro de obra | Durante la ejecución |
| Riesgo de accidentes laborales | | Al inicio del proyecto, se llevará a cabo una capacitación integral para todo el personal en el manejo adecuado de maquinaria, herramientas y equipo. | (# de capacitaciones impartidas /#capacitaciones programadas) *100 | Registro en libro de obra | Inicio de la ejecución del proyecto |

Nota. Plan de prevención y mitigación de impacto ambiental. Fuente: Córdova (2018)

Tabla 49.*Plan de manejo de desechos sólidos***PLAN DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS****OBJETIVOS:**

Cumplir con las regulaciones medioambientales en vigor durante la realización del proyecto.
 Minimizar o mitigar el efecto de los desechos sólidos en el medio ambiente y la salud de las personas.
 Disponer los residuos sólidos de forma apropiada.

LUGAR DE APLICACIÓN: Vial Ingresos al barrio “Santo Domingo de Cutuglagua”.

| Aspecto Ambiental | Impacto ambiental identificado | Medidas propuestas | Indicadores | Medio de verificación | Plazo (meses) |
|--|--|--|---|------------------------------|----------------------|
| Remoción de cobertura vegetal | Afectación al suelo | Se reutilizará todo el material resultante de las excavaciones dentro del proyecto y en predio aledaños autorizados para recibirlos. | Tierra de desalojo nivelada | Registro fotográfico | 3 meses |
| | Afectación a la calidad del aire (generación de polvo) | | | | |
| Generación de escombros y desechos sólidos | Afectación al suelo | Los desechos de alimentación generados por el personal de la obra serán recolectados en bolsas de yute. | (# de sacos ubicados en el área del proyecto (faja vial) /# de sacos adquiridos) *100 | Registro fotográfico | 3 meses |
| | Contaminación visual | | | | |

Nota. Plan de manejo de desechos sólidos. Fuente: Córdova (2018)

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTO

En el presente análisis se llevará a cabo una evaluación económica y financiera del proyecto vial que comprende la vía de acceso al barrio “Santo Domingo”. Este estudio tiene como objetivo identificar la opción más óptima para su implementación. Se llevará a cabo un análisis exhaustivo de la viabilidad económica y financiera del proyecto, que incluirá la evaluación de los ingresos y gastos que se generarán como resultado de su ejecución.

Los ingresos del proyecto estarán relacionados con los beneficios que se derivarán una vez que el proyecto esté en funcionamiento. Estos beneficios pueden medirse a través de los impactos sociales y económicos, como el aumento de la producción, el incremento en la plusvalía de la zona, así como los ahorros en costos de operación vehicular. Por otro lado, los gastos asociados al proyecto se determinarán en base a la inversión inicial requerida para su ejecución, reflejada en los presupuestos de obra, así como en los costos de mantenimiento a lo largo de su vida útil.

5.1 Análisis de Precios Unitarios

El análisis de precios unitarios constituye un procedimiento matemático destinado a calcular el coste individual de cada elemento o concepto que se utilizará en el proyecto. Este análisis implica desglosar y determinar los costos asociados a materiales, mano de obra, equipo y herramientas, así como los gastos derivados del transporte de materiales. Cada uno de estos elementos se evalúa en función de su unidad de medida específica.

5.2 Presupuesto de Obra

Realizar un exhaustivo análisis del coste del proyecto resulta fundamental, ya que permite planificar tanto la financiación como el cronograma de ejecución de la obra. Este análisis implica examinar tanto los costos directos como los costos indirectos generados durante la construcción del proyecto con el fin de determinar el coste total del mismo.

Costo Directo: Este tipo de costo se refiere a aquellos gastos específicos que son claramente identificados y necesarios para adquirir o utilizar los recursos esenciales requeridos en una acción de construcción, mantenimiento o reparación de una porción de carretera o camino de la red vial nacional, dentro de un periodo de tiempo determinado. Estos costos se encuentran detallados en el Manual para la Revisión de Costos y Presupuestos de 2008.

Costos Indirectos: Por otro lado, los costos indirectos son aquellos que no están comprendidos dentro de los costos directos, como los materiales, la mano de obra o los equipos necesarios para la construcción. Sin embargo, estos costos son esenciales para llevar a cabo correctamente el proceso de construcción. Los costos indirectos pueden incluir gastos de administración, oficina central, dirección técnica y otros imprevistos, generalmente expresados como un porcentaje del costo directo o del precio de venta. Estos costos, obligatorios para la ejecución de la obra, son mencionados en el Manual para la Revisión de Costos y Presupuestos de 2008.

Para calcular el porcentaje de cada costo indirecto, se suman todos los gastos asociados a una actividad específica y se dividen entre los costos directos del proyecto. Por ejemplo, para los impuestos municipales, se suman los costos de aprobación de planos, seguros, licencia de construcción, garantías, impuesto predial, propiedad horizontal, o cualquier otro gasto relacionado, y se divide entre el costo directo del proyecto. Esto se establece en las Políticas de Precios y Financiamiento de 2016.

Planificación: Estos costos se refieren a los gastos necesarios para realizar los diseños técnicos requeridos para llevar a cabo el proyecto. Representan un 4.5% de los costos directos más IVA, según lo indicado en el Manual para la Revisión de Costos y Presupuestos de 2008.

Dirección de Construcción: Este concepto abarca tanto las actividades técnicas relacionadas con la construcción (como el jefe de proyecto o de frente, residentes, bodegueros) como las labores de apoyo a la administración del proyecto (secretarías, mensajeros, personal encargado de trámites). Incluye gastos administrativos, servicios generales, suministros de oficina, salarios de ingenieros, contadores, gastos de viaje, entre otros. Corresponde al 10% de los costos directos más IVA, según lo establecido en el Manual para la Revisión de Costos y Presupuestos de 2008.

5.3 Cronograma Valorado de Ejecución

En el cronograma valorado se definen los lapsos temporales planificados para la realización de cada aspecto del proyecto. Este programa permite supervisar los desembolsos financieros mensuales asignados a cada componente específico, lo que facilita la gestión de la construcción del proyecto. Se ejecuta conforme a los periodos establecidos, empleando una hoja de cálculo proporcionada por el software Excel para determinar la duración del proyecto. Se adjunta el cronograma valorado del proyecto en los anexos.

5.4 Análisis Costo - Beneficio

Este análisis se emplea para comparar los gastos estimados del proyecto, que fueron calculados al momento de realizar este estudio, dado que no existen estudios previos sobre la carretera que cumplan con los estándares de diseño. Es esencial considerar los indicadores y elementos pertinentes, ya que estos nos habilitarán para generar una variedad de ventajas tanto sociales como económicas.

A continuación, se exponen los indicadores económicos que posibilitarán la evaluación de los beneficios derivados del proyecto:

- Relación costo (\$) combustible / (u) galón
- Relación costo (\$) neumático / (u) neumático

- Relación costo (\$) amortiguador / (u) amortiguador
- Relación costo (\$) sistema de freno / (u) zapata
- Relación costo (\$) debido al cambio de aceite / (u) cambio de aceite
- Relación costo (\$) tiempo de viaje / (u) viajes

Costo de los Combustible

Antes de iniciar el proyecto, se determinó el costo anual del combustible basándose en los precios vigentes de marzo de 2021, que se muestran a continuación:

- Combustible Extra: \$2.40 USD
- Combustible Diesel: \$1.75 USD

Se ha asumido que los vehículos, tanto livianos como pesados, consumen un galón de combustible por cada 20 kilómetros recorridos, debido a las condiciones actuales de la vía. A continuación, se presenta en la tabla siguiente el cálculo del costo total de consumo de combustibles.

Tabla 50.

Costo total anual de combustible con la implementación de la vía

| Con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | |
|--|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|
| VEHÍCULOS | TPDA | km | Cantidad de viajes | Galones consumidos | Precio del combustible | Total, del costo del combustible |
| V. Livianos | 200 | 1,3 | 4 | 0,43316 | \$2,40 | \$831,75 |
| Buses | 161 | 1,3 | 2 | 0,21658 | \$1,75 | \$121,79 |
| Camión 2DA | 76 | 1,3 | 4 | 0,43316 | \$1,75 | \$229,67 |
| Camión 2DB | 27 | 1,3 | 4 | 0,43316 | \$1,75 | \$83,02 |
| Camión 3ª | 9 | 1,3 | 2 | 0,21658 | \$1,75 | \$6,82 |
| Maq. V2DB | 45 | 1,3 | 2 | 0,21658 | \$1,75 | \$34,05 |
| Costo total anual en combustible con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | \$1.307,10 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

A continuación, se muestra en la tabla el total del gasto en combustible posterior a la realización del proyecto. Se ha supuesto que después de la finalización de la obra vial, tanto los vehículos ligeros como los pesados consumen un galón de combustible por cada 60 kilómetros recorridos.

Tabla 51.

Costo total anual de combustible sin la implantación la vía.

| Sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | |
|--|-------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|---|
| VEHÍCULOS | TPDA | Km | Cantidad de viajes | Galones consumidos | Precio del combustible | Total, del costo del combustible |
| V. Livianos | 200 | 3,2 | 4 | 1,06624 | \$2,40 | \$2.047,38 |
| Buses | 161 | 3,2 | 2 | 0,53312 | \$1,75 | \$299,80 |
| Camión 2DA | 76 | 3,2 | 4 | 1,06624 | \$1,75 | \$565,34 |
| Camión 2DB | 27 | 3,2 | 4 | 1,06624 | \$1,75 | \$204,35 |
| Camión 3A | 9 | 3,2 | 2 | 0,53312 | \$1,75 | \$16,79 |
| Maq. V2DB | 45 | 3,2 | 2 | 0,53312 | \$1,75 | \$83,82 |
| Costo total anual en combustible con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | \$3.217,48 |

| | |
|--|-------------------|
| Ahorro con la implementación de la vía en función del combustible | \$1.910,38 |
|--|-------------------|

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Costo de los Neumáticos

Para calcular los costos de los neumáticos antes de iniciar el proyecto, se ha considerado que su reemplazo se efectúa cada 20 000 kilómetros. Para establecer sus precios, se llevó a cabo un sondeo en el mercado de neumáticos, arrojando los siguientes valores:

- Cuatro neumáticos para vehículos livianos a \$400,00 USD.
- Seis neumáticos para vehículos pesados a \$1020,00 USD.

Tabla 52.*Costo total anual de neumáticos con la implementación de la vía.*

| Con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | |
|---|-------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| VEHÍCULOS | TPDA | Km | Cantidad de viajes | Cambio de neumáticos | Cantidad de neumáticos | Precio de los neumáticos | Total, del costo de los neumáticos |
| V. Livianos | 200 | 1,3 | 4 | 0,03744 | 4 | \$100,00 | \$718,85 |
| Buses | 161 | 1,3 | 2 | 0,01872 | 6 | \$170,00 | \$916,53 |
| Camión 2DA | 76 | 1,3 | 4 | 0,03744 | 6 | \$170,00 | \$1.833,06 |
| Camión 2DB | 27 | 1,3 | 4 | 0,03744 | 6 | \$170,00 | \$1.833,06 |
| Camión 3A | 9 | 1,3 | 2 | 0,01872 | 6 | \$170,00 | \$916,53 |
| Maq. V2DB | 45 | 1,3 | 2 | 0,01872 | 6 | \$170,00 | \$916,53 |
| Costo total anual en neumáticos con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | \$7.134,57 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Se detalla en la tabla el coste total estimado del reemplazo de los juegos de neumáticos para vehículos livianos y pesados después de la finalización del proyecto vial, partiendo del supuesto de que estos cambios se realizarán cada 80 000 kilómetros.km.

Tabla 53.*Costo total anual de neumáticos sin la implementación de la vía.*

| Sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | |
|---|-------------|-----------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| VEHÍCULOS | TPDA | Km | Cantidad de viajes | Cambio de neumáticos | Cantidad de neumáticos | Precio de los neumáticos | Total, del costo de los neumáticos |
| V. Livianos | 200 | 3,2 | 4 | 0,09216 | 4 | \$100,00 | \$1.769,47 |
| Buses | 161 | 3,2 | 2 | 0,04608 | 6 | \$170,00 | \$2.256,08 |
| Camión 2DA | 76 | 3,2 | 4 | 0,09216 | 6 | \$170,00 | \$4.512,15 |
| Camión 2DB | 27 | 3,2 | 4 | 0,09216 | 6 | \$170,00 | \$4.512,15 |
| Camión 3A | 9 | 3,2 | 2 | 0,04608 | 6 | \$170,00 | \$2.256,08 |
| Maq. V2DB | 45 | 3,2 | 2 | 0,04608 | 6 | \$170,00 | \$2.256,08 |
| Costo total anual en neumáticos sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | \$17.562,01 |

| | |
|--|--------------------|
| Ahorro con la implementación de la vía en función de los neumáticos | \$10.427,44 |
|--|--------------------|

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Costo de los Amortiguadores

Para evaluar los gastos asociados a los amortiguadores antes de iniciar el proyecto, se considera que su reemplazo se realiza cada vez que el vehículo recorre una distancia de 20,000 kilómetros.

Tabla 54.

Costo total anual de amortiguadores con la implementación de la vía.

| Con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | |
|---|------|-----|--------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| VEHÍCULOS | TPDA | km | Cantidad de viajes | Cambio de amortiguadores | Cantidad de amortiguadores | Precio de los amortiguadores | Total, del costo de los amortiguadores |
| V. Livianos | 200 | 1,3 | 4 | 0,01248 | 4 | \$80,00 | \$191,69 |
| Buses | 161 | 1,3 | 2 | 0,00624 | 4 | \$140,00 | \$167,73 |
| Camión 2DA | 76 | 1,3 | 4 | 0,01248 | 4 | \$140,00 | \$335,46 |
| Camión 2DB | 27 | 1,3 | 4 | 0,01248 | 4 | \$140,00 | \$335,46 |
| Camión 3A | 9 | 1,3 | 2 | 0,00624 | 4 | \$140,00 | \$167,73 |
| Maq. V2DB | 45 | 1,3 | 2 | 0,00624 | 4 | \$140,00 | \$167,73 |
| Costo total anual de amortiguadores con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | \$1.365,81 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Se despliega el análisis completo del costo total del reemplazo de los juegos de amortiguadores, tanto para vehículos livianos como pesados, tras la finalización del proyecto vial. Se asume que, luego de culminar las obras, el reemplazo de los amortiguadores se efectúa cada 80,000 kilómetros recorrido.

Tabla 55.

Costo total anual de amortiguadores sin la implementación de la vía.

| Sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | |
|---|------|-----|--------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------|--|
| VEHÍCULOS | TPDA | km | Cantidad de viajes | Cambio de neumáticos | Cantidad de amortiguadores | Precio de los amortiguadores | Total, del costo de los amortiguadores |
| V. Livianos | 200 | 3,2 | 4 | 0,03072 | 4 | \$80,00 | \$471,86 |
| Buses | 161 | 3,2 | 2 | 0,01536 | 4 | \$140,00 | \$412,88 |
| Camión 2DA | 76 | 3,2 | 4 | 0,03072 | 4 | \$140,00 | \$825,75 |
| Camión 2DB | 27 | 3,2 | 4 | 0,03072 | 4 | \$140,00 | \$825,75 |
| Camión 3A | 9 | 3,2 | 2 | 0,01536 | 4 | \$140,00 | \$412,88 |
| Maq. V2DB | 45 | 3,2 | 2 | 0,01536 | 4 | \$140,00 | \$412,88 |
| Costo total anual de amortiguadores sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | \$3.362,00 |

Ahorro con la implementación de la vía en función de los amortiguadores **\$1.996,19**

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Costo del sistema de frenos

Se analizar el costo de reemplazo del sistema de frenos, tanto para vehículos livianos como pesados, considerando que el cambio se lleva a cabo cada 30,000 kilómetros. Los precios estimados son de \$200.00 para vehículos livianos y \$500.00 para vehículos pesados.

Tabla 56.

Costo total anual del sistema de frenos con la implementación de la vía.

| Con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | |
|--|------|-----|--------------------|------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------|
| VEHÍCULOS | TPDA | Km | Cantidad de viajes | Cambio de frenos | Cantidad de frenos | Precio de los frenos | Total, del costo de los frenos |
| V. Livianos | 200 | 1,3 | 4 | 0,00832 | 4 | \$145,00 | \$231,63 |
| Buses | 161 | 1,3 | 2 | 0,00416 | 4 | \$270,00 | \$215,65 |
| Camión 2DA | 76 | 1,3 | 4 | 0,00832 | 4 | \$270,00 | \$431,31 |
| Camión 2DB | 27 | 1,3 | 4 | 0,00832 | 4 | \$270,00 | \$431,31 |
| Camión 3A | 9 | 1,3 | 2 | 0,00416 | 4 | \$270,00 | \$215,65 |
| Maq. V2DB | 45 | 1,3 | 2 | 0,00416 | 4 | \$270,00 | \$215,65 |
| Costo total anual del sistema de frenado con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | \$1.741,21 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Se detalla en la tabla el costo global del reemplazo del sistema de frenos tanto para vehículos livianos como pesados después de la conclusión del proyecto vial. Se asume que este reemplazo se lleva a cabo a partir de los 80,000 kilómetros una vez finalizada la obra de infraestructura vial.

Tabla 57.

Costo total anual del sistema de frenos sin la implementación de la vía.

| Sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | |
|--|------|-----|--------------------|------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------|
| VEHÍCULOS | TPDA | Km | Cantidad de viajes | Cambio de frenos | Cantidad de frenos | Precio de los frenos | Total, del costo de los frenos |
| V. Livianos | 200 | 3,2 | 4 | 0,02048 | 4 | \$145,00 | \$570,16 |
| Buses | 161 | 3,2 | 2 | 0,01024 | 4 | \$270,00 | \$530,84 |
| Camión 2DA | 76 | 3,2 | 4 | 0,02048 | 4 | \$270,00 | \$1.061,68 |
| Camión 2DB | 27 | 3,2 | 4 | 0,02048 | 4 | \$270,00 | \$1.061,68 |
| Camión 3 ^a | 9 | 3,2 | 2 | 0,01024 | 4 | \$270,00 | \$530,84 |
| Maq. V2DB | 45 | 3,2 | 2 | 0,01024 | 4 | \$270,00 | \$530,84 |
| Costo total anual del sistema de frenado sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | | \$4.286,05 |

Ahorro con la implementación de la vía en función del sistema de frenado **\$2.544,84**

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Costo del Cambio del sistema de Aceite

Para calcular el costo relacionado con el cambio de aceite, se considera que este mantenimiento se lleva a cabo cada 7,000 kilómetros antes de la ejecución del proyecto vial. El costo del cambio de aceite para vehículos livianos es de \$60.00 USD y para vehículos pesados es de \$110.00 USD.

Tabla 58.

Costo total anual del cambio de aceite con la implementación de la vía.

| Con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | |
|---|-------------|-----------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|
| VEHÍCULOS | TPDA | km | Cantidad de viajes | Cambio de aceite | Costo de cambio del aceite | Total, del costo del cambio aceite |
| V. Livianos | 200 | 1,3 | 4 | 0,0624 | 60 | \$748,87 |
| Buses | 161 | 1,3 | 2 | 0,0312 | 110 | \$551,42 |
| Camión 2DA | 76 | 1,3 | 4 | 0,0624 | 110 | \$519,91 |
| Camión 2DB | 27 | 1,3 | 4 | 0,0624 | 110 | \$187,93 |
| Camión 3A | 9 | 1,3 | 2 | 0,0312 | 110 | \$30,89 |
| Maq. V2DB | 45 | 1,3 | 2 | 0,0312 | 110 | \$154,17 |
| Costo total anual en neumáticos con la implementación de la vía del proyecto | | | | | | \$2.193,20 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Aquí se muestra el cálculo total del costo del cambio de aceite para vehículos livianos y pesados después de la finalización del proyecto vial. Se supone que los cambios de aceite se realizan cada 5,000 kilómetros después de la culminación del proyecto.

Tabla 59.*Costo total anual del cambio de aceite sin la implementación de la vía*

| Sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | |
|---|-------------|-----------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---|
| VEHÍCULOS | TPDA | km | Cantidad de viajes | Cambio de aceite | Costo de cambio del aceite | Total, del costo del cambio aceite |
| V. Livianos | 200 | 3,2 | 4 | 0,1536 | 60 | \$1.843,38 |
| Buses | 161 | 3,2 | 2 | 0,0768 | 110 | \$1.357,35 |
| Camión 2DA | 76 | 3,2 | 4 | 0,1536 | 110 | \$1.279,79 |
| Camión 2DB | 27 | 3,2 | 4 | 0,1536 | 110 | \$462,61 |
| Camión 3ª | 9 | 3,2 | 2 | 0,0768 | 110 | \$76,03 |
| Maq. V2DB | 45 | 3,2 | 2 | 0,0768 | 110 | \$379,50 |
| Costo total anual en neumáticos sin la implementación de la vía del proyecto | | | | | | \$5.398,65 |

Ahorro con la implementación de la vía en función del sistema de frenado**\$3.205,45***Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.*

Disminución del tiempo de viaje

La implementación del proyecto "Vía de entrada Santo Domingo de Cutuglagua" proporcionará una conexión más ágil entre los barrios de Santo Domingo y Cutuglagua hacia la importante vía principal Panamericana E35. Esta mejora facilitará el transporte de los productos agropecuarios de los habitantes a diferentes destinos, lo que a su vez contribuirá a mejorar su calidad de vida al reducir distancias y tiempos de viaje para la entrega de sus productos, un beneficio significativo para la población local.

Para calcular la reducción en el tiempo de viaje entre la vía existente y la que se planea ejecutar, se determinará la diferencia entre el tiempo de recorrido antes y después de la construcción del proyecto:

$$\text{Ahorro de tiempo} = T_{ap} - T_{dp}$$

Donde:

Tap: Tiempo de recorrido antes del proyecto, horas/ día.

Tdp: Tiempo de recorrido después del proyecto, horas/ día.

A continuación, se presenta una tabla que ilustra el ahorro de tiempo en los viajes una vez que se haya ejecutado el proyecto.

Tabla 60.

Tiempo de ahorro en tiempo con la implementación de la vía.

| Parámetro | Única vía existente (Antes del proyecto) | Vía propuesta + tramo existente (Después del proyecto) |
|-------------------------------|---|---|
| Longitud (km) | 3,2 | 1,3 |
| Velocidad de circulación | 25 | 50 |
| Tiempo (min) | 6 | 3 |
| Tiempo de trafico | 15 | 3 |
| Ahorro de tiempo (min) | | 15 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Se presentan los ahorros anuales resultantes de la implementación del proyecto vial, así como una proyección de los beneficios totales que se espera obtener a lo largo de un periodo de 20 años:

Tabla 61.

Ahorro monetario con la implementación de la vía.

| Costos | Valores anuales | | | Total |
|--------------------------|------------------------|---------------------|------------------|--------------|
| | Con proyecto | Sin proyecto | Beneficio | |
| Combustible | \$1.307,10 | \$3.217,48 | \$1.910,38 | |
| Neumáticos | \$7.134,57 | \$17.562,01 | \$10.427,44 | |
| Amortiguadores | \$1.365,81 | \$3.362,00 | \$1.996,19 | |
| Sistema de frenos | \$1.741,21 | \$4.286,05 | \$2.544,84 | \$20.084,30 |
| Cambio de aceite | \$2.193,20 | \$5.398,65 | \$3.205,45 | |
| Total | \$18.583,05 | \$31.257,33 | \$20.084,30 | |

Beneficios totales en el periodo de 20 años

| Tiempo (años) | Ahorro valorado anual | Transporte | Total |
|----------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|
| 2023 | \$20.084,30 | \$29.120,00 | \$39.166,02 |
| 2024 | \$20.084,30 | \$29.120,00 | \$39.166,02 |
| 2025 | \$20.084,30 | \$29.120,00 | \$39.166,02 |
| 2026 | \$20.084,30 | \$29.120,00 | \$39.166,02 |
| 2027 | \$20.084,30 | \$29.120,00 | \$39.166,02 |
| 2028 | \$24.101,16 | \$32.240,00 | \$44.261,56 |
| 2029 | \$24.101,16 | \$32.240,00 | \$44.261,56 |
| 2030 | \$24.101,16 | \$32.240,00 | \$44.261,56 |
| 2031 | \$24.101,16 | \$32.240,00 | \$44.261,56 |
| 2032 | \$24.101,16 | \$32.240,00 | \$44.261,56 |
| 2033 | \$28.921,39 | \$34.320,00 | \$48.483,98 |
| 2034 | \$28.921,39 | \$34.320,00 | \$48.483,98 |
| 2035 | \$28.921,39 | \$34.944,00 | \$49.750,71 |
| 2036 | \$28.921,39 | \$35.568,00 | \$51.017,43 |
| 2037 | \$28.921,39 | \$36.192,00 | \$52.284,16 |
| 2038 | \$34.705,67 | \$36.816,00 | \$53.550,88 |
| 2039 | \$34.705,67 | \$37.440,00 | \$54.817,61 |
| 2040 | \$34.705,67 | \$38.064,00 | \$56.084,34 |
| 2041 | \$34.705,67 | \$38.688,00 | \$57.351,06 |
| 2042 | \$34.705,67 | \$39.312,00 | \$58.617,79 |
| 2043 | \$34.705,67 | \$39.936,00 | \$59.884,51 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Costos de mantenimiento

El mantenimiento de la vía con pavimento flexible incluye labores como la limpieza de las cunetas, inspección y posible reacondicionamiento de las alcantarillas, e incluso la reposición del pavimento si es necesario, todo ello durante un periodo de 20 años, que es la duración estimada de su vida útil.

Tabla 62.*Costos de mantenimiento de la vía.*

| Implementación de la vía del proyecto | | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------|-----------|-----------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | P. Unitario | Nº veces | 1 | 10 | 20 |
| Limpieza de cunetas a mano | m3 | 780 | 5,48 | min 1 c/año | 4274,4 | 42744 | 85488 |
| Limpieza de alcantarillas | m3 | 150 | 16,89 | min 1 c/año | 2533,5 | 25335 | 50670 |
| Presupuesto | | | | | 6807,9 | 68079 | 136158 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

La tabla siguiente muestra un desglose de todos los beneficios que disfrutaron los habitantes de la zona en relación con los costos que incurren.

Tabla 63.*Beneficios de los pobladores circundantes al proyecto.*

| | Valores anuales | | | Total |
|--------------------------|------------------------|---------------------|------------------|--------------|
| | Con proyecto | Sin proyecto | Beneficio | |
| Costos | | | | |
| Combustible | \$1.307,10 | \$3.217,48 | \$1.910,38 | |
| Neumáticos | \$7.134,57 | \$17.562,01 | \$10.427,44 | |
| Amortiguadores | \$1.365,81 | \$3.362,00 | \$1.996,19 | |
| Sistema de frenos | \$1.741,21 | \$4.286,05 | \$2.544,84 | \$20.084,30 |
| Cambio de aceite | \$2.193,20 | \$5.398,65 | \$3.205,45 | |
| Total | \$18.583,05 | \$31.257,33 | \$20.084,30 | |

*Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.***Valor actual neto (VAN)**

La revisión del presupuesto es fundamental para establecer un juicio crítico sobre la viabilidad del proyecto y evaluar qué inversión será la más óptima según los criterios previamente definidos. Este análisis permite tomar decisiones informadas respecto a la factibilidad y rentabilidad del proyecto en cuestión.

- El VAN debe ser mayor que 0
- Si el VAN es igual a 0, quiere decir que no recibirá de ganancias ni pérdidas
- Si el VAN es menor que 0, el presupuesto del proyecto tendrá pérdidas.

Cuya fórmula para desarrollar el VAN será la siguiente

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde

- VAN= Valor actual neto
- Vt= Beneficios netos
- I₀= Inversión inicial
- n= Número de periodos a realizar
- k= Tasa de crecimiento (12%)

Aquí se muestra el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) considerando los flujos de ingresos y egresos en el área donde se llevará a cabo el proyecto.

Tabla 64.

Cálculo del VAN.

| Tiempo | Ingresos | Egresos | Flujo Neto | FACTOR (1+k)^N | Valor Acumulado (VAN) |
|--------|----------------|---------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| - | I ₀ | \$-540.951,79 | \$-540.951,79 | 1 | \$-540.951,79 |
| 1 | \$39.166,02 | \$-6.807,90 | \$32.358,12 | 1,12 | \$28.891,18 |
| 2 | \$39.166,02 | \$-6.807,90 | \$32.358,12 | 1,25 | \$54.777,67 |
| 3 | \$39.166,02 | \$-6.807,90 | \$32.358,12 | 1,4 | \$77.890,62 |
| 4 | \$39.166,02 | \$-6.807,90 | \$32.358,12 | 1,57 | \$98.500,88 |
| 5 | \$44.261,56 | \$-6.807,90 | \$37.453,66 | 1,76 | \$119.781,37 |
| 6 | \$44.261,56 | \$-6.807,90 | \$37.453,66 | 1,97 | \$138.793,38 |

| | | | | | |
|----|-------------|-------------|-------------|------|---------------------|
| 7 | \$44.261,56 | \$-6.807,90 | \$37.453,66 | 2,21 | \$155.740,74 |
| 8 | \$44.261,56 | \$-6.807,90 | \$37.453,66 | 2,48 | \$170.843,02 |
| 9 | \$44.261,56 | \$-6.807,90 | \$37.453,66 | 2,77 | \$184.364,20 |
| 10 | \$48.483,98 | \$-6.807,90 | \$41.676,08 | 3,11 | \$197.764,87 |
| 11 | \$48.483,98 | \$-6.807,90 | \$41.676,08 | 3,48 | \$209.740,75 |
| 12 | \$49.750,71 | \$-6.807,90 | \$42.942,81 | 3,9 | \$220.751,73 |
| 13 | \$51.017,43 | \$-6.807,90 | \$44.209,53 | 4,36 | \$230.891,53 |
| 14 | \$52.284,16 | \$-6.807,90 | \$45.476,26 | 4,89 | \$240.191,38 |
| 15 | \$53.550,88 | \$-6.807,90 | \$46.742,98 | 5,47 | \$248.736,71 |
| 16 | \$54.817,61 | \$-6.807,90 | \$48.009,71 | 6,13 | \$256.568,64 |
| 17 | \$56.084,34 | \$-6.807,90 | \$49.276,44 | 6,87 | \$263.741,34 |
| 18 | \$57.351,06 | \$-6.807,90 | \$50.543,16 | 7,69 | \$270.313,92 |
| 19 | \$58.617,79 | \$-6.807,90 | \$51.809,89 | 8,61 | \$276.331,33 |
| 20 | \$59.884,51 | \$-6.807,90 | \$53.076,61 | 9,65 | \$281.831,50 |
| | | | VAN | | \$822.783,29 |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Una vez que se ha calculado el Valor Actual Neto (VAN) utilizando la fórmula correspondiente, hemos obtenido un valor de \$822.783,29. Este monto refleja la sólida viabilidad del proyecto según los criterios previamente mencionados.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Presenta la tasa interna de la factibilidad de una inversión en este caso del proyecto a realizar, el cual podría generar beneficios o pérdidas, dependiendo el análisis que se le dé al proyecto como su presupuesto. A mayor TIR mayor rentabilidad. A continuación, se presenta una fórmula para su realización. Además, existe criterios los cuales se presentan a continuación:

- El TIR debe ser mayor a la tasa de descuento(k), para que un proyecto sea aceptado
- Si el TIR es igual a la tasa de descuento(k), puede ser aceptado o no
- Si el TIR es menor a la tasa de descuento(k), el proyecto no puede ser aceptado.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

Donde

- I_0 = Inversión inicial
- C_n = Flujo de caja
- N = Numero de periodos
- n = Año de los beneficios de cada periodo
- r = TIR

Tabla 65.

Presentación de cálculos obtenidos del VAN y el TIR

| | |
|------------|---------------|
| I.O | \$-540.951,79 |
| VAN | \$822.783,29 |
| TIR | 93.49% |

Nota. Tabla resumen de los valores obtenidos para las implantaciones de la vía. Elaborado por: El autor.

Basándonos en los parámetros establecidos, se ha determinado que el proyecto es altamente viable al cumplir con las condiciones requeridas tanto en el Valor Actual Neto (VAN) como en la Tasa Interna de Retorno (TIR).

CONCLUSIONES

Hemos concluido el proceso de elaboración del presupuesto definitivo para nuestro proyecto, obteniendo un monto de \$540,951.7948 destinado a la construcción de la infraestructura vial, y hemos establecido un cronograma que cumple con todas las normativas viales actuales. Esta mejora en la vía será de gran beneficio para los residentes del Barrio Santo Domingo, ya que impulsará el comercio y contribuirá al progreso de la comunidad.

Se realizó un conteo vehicular manual diario para proyectar el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) hasta el año 2043, obteniendo un valor de 2706 vehículos. Este cálculo se llevó a cabo en conformidad con las Normas de Diseño Geométrico vigentes (MOP 2003), clasificando la vía del proyecto como una vía colectora clase II. Con base en esta clasificación, se estableció una velocidad de diseño de 50 km/h.

Según la clasificación SUCS, el tipo de suelo es SC, lo que indica que se trata de un suelo arcilloso con presencia de arena. Por otro lado, según la clasificación AASHTO, se categoriza como A-2-6, mostrando un tono marrón en su composición. Respecto a la subrasante, su capacidad portante, evaluada mediante el CBR, alcanza un valor de 9.58 T/m², señalando una calidad de Regular a Buena.

La mina más cercana a nuestro proyecto, desde donde obtendremos los materiales para su ejecución, es la mina "Rancho la Paz". Esta mina se encuentra a 14 km y proporcionará materiales de construcción de alta calidad, específicamente el material (Base II y Sub Base clase III M-1), que ha sido previamente sometido a ensayos de laboratorio para garantizar su idoneidad.

Se ha llevado a cabo un minucioso diseño del sistema de drenaje para la vía, el cual abarca las cunetas y obras menores, fundamentado en un análisis hidrológico exhaustivo. Se calculó una sección de cuneta con una configuración triangular que se construirá utilizando hormigón simple de alta resistencia ($f'c$: 210 kg/cm²). La cuneta tendrá una profundidad de 0.25 metros y un ancho

de 1.00 metro, resultando en un área de cuneta de 0.13 metros cuadrados y un perímetro mojado de 1.14 metros. Se estableció una pendiente mínima del 0.1% para prevenir la sedimentación y mantener velocidades adecuadas en el drenaje vial.

Los datos de precipitación empleados en este diseño se obtuvieron de la estación meteorológica M0003 Izobamba, ubicada en las cercanías del inicio de nuestro proyecto. Este enfoque detallado garantiza un sistema de drenaje eficiente y adaptado a las condiciones particulares de la vía.

En cuanto al pavimento flexible (asfaltado), la estructura está compuesta por una subbase clase III con un grosor de 25,00 centímetros, una base clase II con 20,00 centímetros de espesor y una capa asfáltica de 7,5 centímetros. Estos valores se determinaron mediante el método AASHTO 93.

Por otro lado, para el pavimento articulado (adoquinado), la estructura se definió utilizando el método AASHTO específico para este tipo de pavimento. Se emplearán adoquines de 8 centímetros, una cama de arena de 4 centímetros y una subbase clase III con un espesor de 45 centímetros. Además, se instalarán bermas cada 50 metros. Estos datos y métodos de diseño garantizan la construcción adecuada y la resistencia de ambas estructuras viales para soportar el tráfico previsto, asegurando la durabilidad y funcionalidad de la vía.

RECOMENDACIONES

Se recomienda ejecutar el proyecto vial en una temporada de baja precipitación, ya que este factor puede impactar significativamente el cronograma de la obra, ocasionando retrasos y costos adicionales.

En cuanto a los materiales destinados a la construcción del pavimento flexible, es esencial llevar a cabo rigurosos controles de calidad mediante ensayos diversos. Estos análisis garantizarán que tanto la base, la subbase y la capa de rodadura cumplan con las especificaciones técnicas requeridas, asegurando la adecuada construcción y durabilidad de la estructura vial.

La alternativa recomendada para esta vía es el pavimento flexible (asfaltado), considerando el anticipado incremento del flujo vehicular. Esta opción será menos afectada por el tráfico intenso en comparación con una vía de pavimento articulado. Además, conforme a la normativa vigente, una vía clasificada como clase dos puede ser construida con pavimento de losa asfáltica o de hormigón. Por ende, el pavimento flexible se erige como la elección más apropiada para asegurar la durabilidad y la funcionalidad de la vía en el largo plazo.

Se aconseja realizar un mantenimiento periódico para la estructura de pavimento flexible después de la finalización de la obra. Este mantenimiento anual abarcará una serie de actividades durante diez años, equivalente a dos ciclos de mantenimiento, dado que la vida útil estimada para la estructura es de 20 años.

Se recomienda una intervención previa en el sistema de alcantarillado y agua potable, ya que la infraestructura actual no será suficiente para garantizar un adecuado drenaje de la vía. Esta acción se propone para prevenir posibles problemas futuros en la estructura del pavimento y asegurar un funcionamiento óptimo de la vía a largo plazo.

Se sugiere al departamento de planificación del GAD municipal de Mejía llevar a cabo una revisión detallada del proyecto de asfaltado. En caso de identificar aspectos que requieran cambios o modificaciones en el diseño, se les brinda la libertad y disposición para realizar dichas alteraciones si lo consideran necesario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO 93. (1993). *Diseño de Pavimentos Desing Procedures For New Pavements*. San Juan.
- Braja M., D. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones (4ta ed.)*. México: International Thomson Editores.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Bogotá: ECOE.
<https://tiposdetecnologia.online/wp-content/uploads/2020/10/Dise%C3%B1o-geom%C3%A9trico-de-carreteras-2da-Edici%C3%B3n-James-C%C3%A1rdenas-Grisales.pdf>
- Córdova. J. (2018). *Diseño definitivo de la vía Camino Real y La Lindera, II etapa ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo parroquia San Antonio José Holguín*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Quito]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16140>
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de Diseño de Sistema de Alcantarillado*. QUITO.
- Fernández, A. (2015). *Pavimentos*. Obtenido De https://es.slideshare.net/Elva_239/Ensayo-De-Cbr-54354918
- GAD Cutuglagua. (2015). *Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Cutuglagua, Actualización*. Obtenido de <http://www.cutuglagua.gob.ec>
- GAD Municipal del Cantón Mejía, G. M. (2014). *Mejía crece contigo*. Obtenido de <http://www.municipiodemejia.gob.ec>
- Garcia, A. (2015). *Diseño De Pavimento Asfáltico Por El Método Aashto-93*. Obtenido De Programa De Especialización En Ingeniería De Pavimentos: [http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7544/1/Garciamoralesand Resricardo2015.Pdf](http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/7544/1/GarciamoralesandResricardo2015.Pdf)

- GeoPortal. (2017). *Visor Geográfico Instituto Geográfico Militar Ecuador*.
Obtenido de <http://www.geoportaligm.gob.ec>
- Inamhi. (2015). *Instituto Nacional De Meteorología E Hidrología. Quito. Inen Señalización Vial Horizontal*. (2011). *Instituto Ecuatoriano De Normalización Señalización Horizontal. Quito: Resolución N°162-2010*.
- Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE)*. (1980). *Mapa Geológico del Ecuador*. <https://www.geoenergia.gob.ec/mapas-tematicos-1-100-000/>
- MOP - 001 -F. (2002). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf
- MOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras - 2003. Ecuador*. https://sjnavarro.files.wordpress.com/2011/08/manual-dedisecc3b1o-de-carretera_2003-ecuador.pdf
- MTOP, M. d. (2016). *Estudios preliminares y de ingeniería definitivos para la ampliación de la vía Tambillo-Colibrí. Sangolquí*.
- MTOP. (2013). *Norma para estudios y diseños viales (Vol. Volumen 2 Libro A)*. Quito. Retrieved from https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf
- NEC, N. E. (2014). Peligro Sísmico. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NEVI-12-MTOP, N. E. (2013). Volumen N° 2 - Libro A Normas para Estudios y Diseños Viales. QUITO.
- NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS. (2003). QUITO.
- Ordenamiento Territorial, P.d. (2015). Parroquia Cutuglagua*.

Obtenido de <http://app.sni.gob.ec>

Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-1. (2011). *Señalización Vial.*

Parte 1. Señalización Vertical. (1ra ed.). (INEN, Ed.) Quito, Ecuador.

[https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2021-](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2021-02/REGLAMENTO%20TECNICO%20ECUATORIANO%20DE%20SE%C3%91ALIZACI%C3%93N%20VIAL.pdf)

[02/REGLAMENTO%20TECNICO%20ECUATORIANO%20DE%20SE](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2021-02/REGLAMENTO%20TECNICO%20ECUATORIANO%20DE%20SE)

[%C3%91ALIZACI%C3%93N%20VIAL.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2021-02/REGLAMENTO%20TECNICO%20ECUATORIANO%20DE%20SE)

Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 004-2. (2011). *Señalización Vial.*

Parte 2. Señalización Horizontal (Primera ed.). (INEN, Ed.) Quito,

Ecuador.

[https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_s)

[content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_s](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_s)

[e+%C2%A6alizaci+%C2%A6n_horizontal.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/LOTAIP2015_reglamento_tecnico_s)

ANEXOS

Constan en formato pdf en Biblioteca de la Universidad