



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE GUAYAQUIL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

DISEÑO DE LA VÍA DESDE EL INGRESO AL SECTOR POZA DEL CACAO  
HASTA LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA GERMANIA FIGUEROA,  
UBICADA EN EL CANTÓN SALITRE, PROVINCIA DEL GUAYAS

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

**AUTOR:** Lenin Josias Bajaña Quiñonez

**AUTOR:** Roosevelt Jenier Iñiguez Tamayo

**TUTOR:** Ing. Fausto Cabrera Morán, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2024

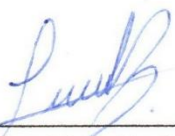
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Lenin Josias Bajaan Quiñonez con documento de identificación No. 0955742796 y Roosevelt Jennier Iñiguez Tamayo con documento de identificación No. 0953388410; manifestamos lo siguiente:

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

Guayaquil, 07 febrero del año 2024.

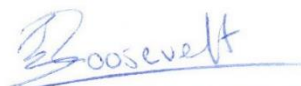
Atentamente



---

Lenin Josias Bajaan Quiñonez

C.I. 0955742796



---

Roosevelt Jennier Iñiguez Tamayo

C.I. 0953388410

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

Nosotros, Lenin Josias Bajaña Quiñonez con documento de identificación No. 0955742796 y Roosevelt Jennier Iñiguez Tamayo con documento de identificación No. 0953388410, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico: DISEÑO DE LA VÍA DESDE EL INGRESO AL SECTOR POZA DEL CACAO HASTA LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA GERMANIA FIGUEROA, UBICADA EN EL CANTÓN SALITRE, PROVINCIA DEL GUAYAS, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERO CIVIL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 07 febrero del año 2024.

Atentamente



---

Lenin Josias Bajaña Quiñonez

C.I. 0955742796



---

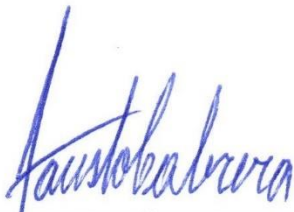
Roosevelt Jennier Iñiguez Tamayo

C.I. 0953388410

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ing. Fausto Cabrera Morán, MSc; con documento de identificación No. 0919755272, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE LA VÍA DESDE EL INGRESO AL SECTOR POZA DEL CACAO HASTA LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA GERMANIA FIGUEROA, UBICADA EN EL CANTÓN SALITRE, PROVINCIA DEL GUAYAS, realizado por Lenin Josias Bajaña Quiñonez con documento de identificación No. 0955742796 y por Roosevelt Jennier Iñiguez Tamayo con documento de identificación No. 0953388410, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 07 febrero del año 2024.



---

Ing. Fausto Cabrera Morán, MSc.

C.I. 0919755272

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos agradecer en especial a la Universidad Politécnica Salesiana por los conocimientos impartidos a lo largo de nuestra vida profesional y personal; A nuestro tutor Ing. Fausto Cabrera, por su invaluable orientación, apoyo y dedicación a lo largo de este proceso, con su guía experta, hemos logrado desarrollar un trabajo sólido, fundamentado y de calidad. Sus comentarios y sugerencias han sido fundamentales para mejorar el enfoque, organización y análisis de datos.

Agradecemos al Dr. Leonardo Echeverria ya que su pasión por enseñar ha tenido un impacto positivo en nuestro aprendizaje y desarrollo, al Ing. Jorge Moran y al Ing. Cristopher Zavala, por sus conocimientos y orientación en el laboratorio para la realización de este trabajo, dado que sin su ayuda no hubiera sido posible de alcanzar.

También a todos los docentes que conforman la carrera de ingeniería civil brindando sus conocimientos en estos 4 años de estudio para poder ser excelentes profesionales, a su vez expresamos nuestro agradecimiento a Jorge Hinojosa, Wendy Poveda, Juan Tiaguaro por su apoyo inquebrantable

Lenin Josias Bajaña Quiñonez

Roosevelt Jennier Iñiguez Tamayo

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo a mi familia especialmente a mi querida madre, con mucha emoción y gratitud, dedico mi tesis a ti. Tu apoyo incondicional, aliento constante y amor han sido la fuerza que me ha impulsado a superar los desafíos y alcanzar este logro académico.

Desde el principio, has estado a mi lado, brindándome tu sabiduría, paciencia y palabras de aliento cuando más las necesitaba. Tú has sido mi fuente de inspiración y motivación en cada paso del camino, recordándome constantemente mi capacidad para lograr grandes cosas.

A través de tus consejos y perspectivas, has enriquecido mi investigación y me has ayudado a expandir mis horizontes. Tu apoyo emocional y tu fe en mí han sido un bálsamo en momentos de duda y cansancio.

Gracias por creer en mí, por ser mi guía y mi mayor admiradora. Esta tesis lleva tu nombre en mi corazón y espero que sea un testimonio de nuestro amor, confianza y apoyo mutuo.

Lenin Josias Bajaña Quiñonez

## **DEDICATORIA**

Dedicó esta tesis a mis padres quienes han respaldado en mi vida de manera incondicional a lo largo de los años.

Su compromiso y modelo han sido mi motivación y fortaleza en cada etapa de mi vida, me han inculcado la importancia del trabajo arduo, la constancia y la relevancia de perseguir mis aspiraciones.

De igual manera a las familias Solis Chacin y Corozo Arboleda por su apoyo en esta etapa de desarrollo profesional y que siguen apoyándome hasta el día de hoy en mi crecimiento.

Gracias de corazón a los de verdad, gracias en realidad a todos los que al final en algo han aportado a lo largo de este camino dulce sin embargo amargo.

Roosevelt Jennier Iñiguez Tamayo

## **RESUMEN**

Esta tesis examina la importancia del diseño vial en beneficio de la población de la zona desde el ingreso al Sector Poza del Cacao hasta la Escuela de Educación Básica Germania Figueroa, así dándole relevancia a la calidad y bienestar social de las personas del Sector. Se analizan los principales conceptos como el diseño geométrico vial, diseño de pavimento flexible, levantamiento topográfico, y demás conceptos, acuerdo con las normas MTOP y AASHTO-93, teniendo en cuenta la interacción entre peatones y vehículo se realiza un estudio de suelo y de tráfico enfatizando así la importancia de adaptar el proyecto a las necesidades específicas del Sector. Se analiza cómo un diseño de carreteras planificado de manera óptima puede optimizar el flujo de tráfico y reducir los tiempos de viaje. La seguridad es otro aspecto importante de la investigación por lo que se para el diseño geométrico se realizó con AutoCAD Civil 3D siguiendo la norma MTOP. Se determinaron parámetros como velocidad de diseño, curvatura mínima, distancias de visibilidad, entre otros, a su vez el diseño de pavimento flexible se hizo siguiendo el método AASHTO 93. Por lo tanto, la tesis sobre diseño vial desde el ingreso al sector Poza del Cacao hasta la Escuela de Educación Básica Germania Figueroa, ubicada en el cantón Salitre en la provincia del Guayas, se enfoca el describe el diseño completo de una vía rural aplicando metodologías, normativas y ensayos de suelos y pavimento para mejorar la infraestructura existente.

Palabras Clave: Diseño geométrico, Ensayos de suelo, Pavimento flexible, Eficiencia, Estudio de tráfico, Seguridad.



## **ABSTRACT**

This thesis examines the importance of road design for the benefit of the population of the area from the entrance to the Poza del Cacao Sector to the Germania Figueroa Basic Education School, thus giving relevance to the quality and social welfare of the people of the Sector. The main concepts such as road geometric design, flexible pavement design, topographic survey, and other concepts are analyzed, according to MTOP and AASHTO-93 standards, taking into account the interaction between pedestrians and vehicles, a soil and traffic study is carried out, thus emphasizing the importance of adapting the project to the specific needs of the Sector. It is analyzed how an optimally planned road design can optimize traffic flow and reduce travel times. Safety is another important aspect of the research, so the geometric design was carried out with AutoCAD Civil 3D following the MTOP standard. Parameters such as design speed, minimum curvature, visibility distances, among others, were determined, while the design of flexible pavement was done following the AASHTO 93 method. Therefore, the thesis on road design from the entrance to the Poza del Cacao sector to the Germania Figueroa Basic Education School, located in the Salitre canton in the province of Guayas, focuses on describing the complete design of a rural road applying methodologies, regulations and soil and pavement tests to improve the existing infrastructure.

Keywords: Geometric design, Soil testing, Flexible pavement, Efficiency, Traffic study, Safety.

## INDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	17
2	PROBLEMÁTICA.....	18
3	OBJETIVOS .....	23
3.1	Objetivo general.....	23
3.2	Objetivos específicos .....	23
4	MARCO TEÓRICO.....	23
4.1	PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS SUELOS.....	23
4.2	CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	25
4.2.1	Sistema AASTHO .....	25
4.2.2	Sistema unificado .....	26
4.3	ENSAYO PROCTOR.....	27
4.4	ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) .....	29
4.5	TOPOGRAFÍA .....	30
4.5.1	Partes que se divide la topografía .....	30
4.5.2	Tipos de terrenos .....	31
4.6	CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS .....	32
4.6.1	Tipos de carreteras.....	32
4.6.2	Carreteras según su funcionamiento .....	33
4.7	TRAFICO .....	38
4.7.1	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) .....	39
4.7.2	Volumen de Tráfico.....	40
4.8	CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA DE UNA VÍA.....	40
4.8.1	Radio mínimo de curvatura .....	42
4.8.2	Distancia de visibilidad .....	43
4.8.3	Línea de visión .....	43
4.8.4	Condiciones climáticas.....	43
4.8.5	Iluminación .....	44

4.8.6	Obstáculos en la carretera.....	44
4.8.7	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento.....	47
4.8.8	CURVAS .....	50
4.8.9	Sobreelevación .....	52
4.8.10	Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte.....	53
4.9	SOFTWARE DE DISEÑO VIAL.....	54
4.10	DISEÑO DE PAVIMENTO .....	54
4.10.1	Pavimentos Flexibles .....	56
4.10.2	Características y componentes clave de los pavimentos flexibles .....	56
5	METODOLOGÍA .....	57
5.1	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	57
5.2	ESTUDIO DE TRÁFICO Y CAPACIDAD VIAL .....	58
5.2.1	Conteo de tráfico .....	58
5.2.2	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) .....	58
5.2.3	Cálculo del promedio diario semanal (TPDS) .....	61
5.2.4	Factor de ajuste mensual (Fm).....	61
5.2.5	Factor de ajuste diario .....	62
5.2.6	Tráfico Diario.....	62
5.2.7	Tráfico Proyectado .....	63
5.2.8	Clasificación actual de la vía.....	65
5.3	ESTUDIO DE SUELOS .....	65
5.3.1	Ensayo de contenido de humedad.....	65
5.3.2	Ensayo muestreo de los agregados .....	68
5.3.3	Ensayo granulométrico.....	70
5.3.4	Ensayo límites de Atterberg .....	74
5.3.5	Ensayo Proctor Modificado .....	74
5.3.6	Ensayo CBR .....	78
5.3.7	Selección del CBR de Diseño.....	81
5.4	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	81

5.4.1	Diseño horizontal .....	82
5.4.2	Sección transversal .....	84
5.5	DISEÑO DE PAVIMENTO .....	85
5.5.1	Método AASHTO 93 .....	85
5.5.2	Cálculo de factor ESAL'S .....	87
5.5.3	Confiabilidad R .....	88
5.5.4	Desviación estándar Zr .....	88
5.5.5	Desviación Estándar del Sistema 'So' .....	89
5.5.6	Índice de serviciabilidad "ΔPSI" .....	90
5.5.7	Módulo de Resiliente de la subrasante 'Mr' .....	90
5.5.8	Determinación de coeficientes estructurales .....	91
5.5.9	Factores de drenaje 'Cd' .....	94
5.5.10	Cálculo de Número estructural .....	95
5.5.11	Espesores calculados para diseño .....	96
6	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	99
6.1	Topografía.....	99
6.2	Estudio de tráfico .....	99
6.3	Estudios de suelos .....	99
6.4	Diseño Geométrico .....	100
6.5	Diseño de pavimento.....	100
7	CONCLUSIONES .....	101
8	RECOMENDACIONES .....	102
9	BIBLIOGRAFÍA .....	103
10	ANEXOS FOTOGRÁFICOS.....	105

## CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Imagen satelital de la vía diseñar .....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 2 Estado actual de la vía .....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 3 Estado actual de la vía .....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 4 Camino Agrícola .....</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 5 Camino Básico .....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 6 Carretera convencional básica .....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 7 Carretera convencional básica (Normal) .....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 8 Carretera convencional básica (Excepcional).....</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 9 Vías de Alta Capacidad Interurbana .....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 10 Vías de Alta Capacidad urbana o Periurbana .....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 11 Distancia de visibilidad de parada .....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 12 Etapas de Maniobra para Adelantamiento en Carreteras de 2 Carriles.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 13 Valores de Diseño Recomendados para Carreteras de Dos Carriles y Caminos Vecinales ..</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 14 Factor de ajuste mensual.....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 15 Factor de ajuste diario .....</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 16 Cálculo de la composición del tráfico en la vía a intervenir.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 17 Cálculo del tráfico asignado.....</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 18 Cálculo de crecimiento vehicular .....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 19 Cálculo de trazado de proyección a 20 años.....</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 20 Muestras Obtenidas de las calicatas para ensayo de contenido de humedad natural .....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 21 Resultados del ensayo de contenido de humedad para la calicata 1 .....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 22 Resultados del ensayo de contenido de humedad para la calicata 2 .....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 23 Resultados del ensayo de contenido de humedad para la calicata 3 .....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 24 Aplicación del ensayo de muestreo de los agregados para ensayos de la calicata 1.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 25 Aplicación del ensayo de muestreo de los agregados para ensayos de la calicata 2.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 26 Aplicación del ensayo de muestreo de los agregados para ensayos de la calicata 3.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 27 Utilización de maquina tamizadora para ensayo granulométrico de los especímenes de las calicatas .....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 28 Pesaje de las cantidades retenidas en cada tamiz del espécimen de la calicata 1.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 29 Pesaje de las cantidades retenidas en cada tamiz del espécimen de la calicata 2.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 30 Pesaje de las cantidades retenidas en cada tamiz del espécimen de la calicata 2.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 31 Realización del ensayo Proctor modificado para espécimen de la calicata 1 .....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 32 Realización del ensayo Proctor modificado para espécimen de la calicata 2.....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 33 Realización del ensayo Proctor modificado para espécimen de la calicata 3.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 34 Inmersión de los cilindros para ensayo de penetración .....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 35 Límites Para la Selección de Resistencia .....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 36 Número de Ejes Equivalentes Esal's Para el Periodo de Diseño.....</i>	<i>87</i>

<i>Ilustración 37</i>	<i>Cálculo de Número Estructural</i> .....	95
<i>Ilustración 38</i>	<i>Espesores calculados para la vía</i> .....	98
<i>Ilustración 39</i>	<i>Sección Típica Propuesta de la vía</i> .....	98
<i>Ilustración 40</i>	<i>Análisis de estudios de suelos</i> .....	99
<i>Ilustración 41</i>	<i>Excavación manual de la calicata 1</i> .....	105
<i>Ilustración 42</i>	<i>Medición de la profundidad de la calicata 1</i> .....	105
<i>Ilustración 43</i>	<i>Excavación manual de la calicata 2</i> .....	106
<i>Ilustración 44</i>	<i>Medición de la profundidad de la calicata 2</i> .....	106
<i>Ilustración 45</i>	<i>Excavación manual de la calicata 3</i> .....	107
<i>Ilustración 46</i>	<i>Medición de la profundidad de la calicata 3</i> .....	107
<i>Ilustración 47</i>	<i>Pesaje de una de las muestras para el contenido de humedad para la calicata 1</i> .....	108
<i>Ilustración 48</i>	<i>Pesaje de una de las muestras para el contenido de humedad para la calicata 2</i> .....	108
<i>Ilustración 49</i>	<i>Pesaje de una de las muestras para el contenido de humedad para la calicata 3</i> .....	109
<i>Ilustración 50</i>	<i>Limpieza de tamices para aplicación del ensayo granulométrico</i> .....	109
<i>Ilustración 51</i>	<i>Secado de las muestras obtenidas de las calicatas al aire para estudios de suelos</i> .....	110
<i>Ilustración 52</i>	<i>Resultados del ensayo granulométrico para la calicata 1</i> .....	111
<i>Ilustración 53</i>	<i>Resultados del ensayo granulométrico para la calicata 2</i> .....	112
<i>Ilustración 54</i>	<i>Resultados del ensayo granulométrico para la calicata 3</i> .....	113
<i>Ilustración 55</i>	<i>Preparación de la muestra para pesaje del espécimen de la calicata 1</i> .....	114
<i>Ilustración 56</i>	<i>Preparación de la muestra para pesaje del espécimen de la calicata 2</i> .....	114
<i>Ilustración 57</i>	<i>Preparación de la muestra para pesaje del espécimen de la calicata 3</i> .....	115
<i>Ilustración 58</i>	<i>Resultados del ensayo de Proctor modificado para la calicata 1</i> .....	116
<i>Ilustración 59</i>	<i>Resultados del ensayo de Proctor modificado para la calicata 2</i> .....	117
<i>Ilustración 60</i>	<i>Resultados del ensayo de Proctor modificado para la calicata 3</i> .....	118
<i>Ilustración 61</i>	<i>Medición de hinchamiento de los especímenes</i> .....	119
<i>Ilustración 62</i>	<i>Utilización de la maquina CBR/MARSHALL LOADER 5170 para ensayo de penetración</i> ...	119
<i>Ilustración 63</i>	<i>Utilización de la maquina CBR/MARSHALL LOADER 5170 para ensayo de penetración</i> ...	120
<i>Ilustración 64</i>	<i>Cálculos de ensayo CBR para calicata 1</i> .....	121
<i>Ilustración 65</i>	<i>Resultado de ensayos CBR para calicata 1</i> .....	122
<i>Ilustración 66</i>	<i>Cálculos de ensayo CBR para calicata 2</i> .....	124
<i>Ilustración 67</i>	<i>Resultado de ensayos CBR para calicata 2</i> .....	125
<i>Ilustración 68</i>	<i>Cálculos de ensayo CBR para calicata 3</i> .....	127
<i>Ilustración 69</i>	<i>Resultados de ensayo CBR para calicata 3</i> .....	128
<i>Ilustración 70</i>	<i>Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía</i> .....	130
<i>Ilustración 71</i>	<i>Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía</i> .....	130
<i>Ilustración 72</i>	<i>Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía</i> .....	131
<i>Ilustración 73</i>	<i>Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía</i> .....	131
<i>Ilustración 74</i>	<i>Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía</i> .....	132

<i>Ilustración 75 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía .....</i>	<i>132</i>
<i>Ilustración 76 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía .....</i>	<i>133</i>
<i>Ilustración 77 Determinación de SN total para cálculo de espesores.....</i>	<i>134</i>
<i>Ilustración 78 Determinación de SN 1 para cálculo de espesores .....</i>	<i>134</i>
<i>Ilustración 79 Determinación de SN 2 para cálculo de espesores .....</i>	<i>135</i>
<i>Ilustración 80 Determinación de SN 3 para cálculo de espesores .....</i>	<i>135</i>
<i>Ilustración 81 Cálculo de espesores de la vía.....</i>	<i>136</i>
<i>Ilustración 82 Procesamiento de datos y reunión con el tutor Ing. Fausto Cabrera .....</i>	<i>136</i>
<i>Ilustración 83 Procesamiento de datos y reunión con el tutor Ing. Fausto Cabrera .....</i>	<i>137</i>
<i>Ilustración 84 Diseño geométrico propuesto de la vía.....</i>	<i>138</i>

## **CONTENIDO DE TABLAS**

<i>Tabla 1 Clasificación de los suelos según la ASTM .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2 Especificaciones de la prueba Proctor modificada (Norma ASTM-1577) .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 3 Comparaciones entre el Proctor Estándar y Modificado .....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 4 Sistema de Clasificación de Suelos según su valor de CBR.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5 Velocidad de operación promedio .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 6 Distancia de parada y de decisión en terreno plano.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 7 Distancias de parada en pendiente de bajada y subida .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 8 Distancias de decisión para evitar maniobra.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 9 Distancias Mínimas de Diseño Para Carreteras Rurales de dos Carriles en Metros .....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 10 Parámetros Básicos.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 11 Volumen vehicular del mes de octubre del año 2023 sector poza del cacao .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 12 Velocidad de Diseño .....</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 13 Distancia de Velocidad de Adelantamiento Para Carreteras Rurales de Dos Carriles.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 14 Valores Propuesto para el Periodo de Análisis.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabla 15 Niveles Recomendados de Confiabilidad .....</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 16 Valores de Desviación Estándar .....</i>	<i>89</i>
<i>Tabla 17 Características de Drenaje del Material de Base y/o Sub-base .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 18 Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular .....</i>	<i>96</i>

## CONTENIDO DE GRAFICAS

<i>Grafica 1 Plasticidad de los suelos .....</i>	<i>27</i>
<i>Grafica 2 Curva circular con sus elementos .....</i>	<i>52</i>
<i>Grafica 3 Volumen vehicular del sector Poza del Cacao .....</i>	<i>59</i>
<i>Grafica 4 Determinación del coeficiente estructural de capas asfálticas en función del módulo resiliente .....</i>	<i>91</i>
<i>Grafica 5 Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes .....</i>	<i>92</i>
<i>Grafica 6 Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes. ....</i>	<i>93</i>
<i>Grafica 7 Comparación de graficas Esfuerzo vs Deformación para espécimen de la calicata 1 .....</i>	<i>123</i>
<i>Grafica 8 Densidad Seca vs %CBR de la calicata 1 .....</i>	<i>123</i>
<i>Grafica 9 Comparación de graficas Esfuerzo vs Deformación para espécimen de la calicata 2 .....</i>	<i>126</i>
<i>Grafica 10 Densidad Seca vs %CBR de la calicata 2 .....</i>	<i>126</i>
<i>Grafica 11 Comparación de graficas Esfuerzo vs Deformación para espécimen de la calicata 3 .....</i>	<i>129</i>
<i>Grafica 12 Densidad Seca vs %CBR de la calicata 3 .....</i>	<i>129</i>



## **1 INTRODUCCIÓN**

El diseño de carreteras es una disciplina fundamental, en el ámbito de la ingeniería civil, la cual desempeña un papel importante en la conectividad y desarrollo de las comunidades; el planeamiento y diseño adecuado de carreteras es esencial para asegurar un flujo eficiente de personas y bienes, así como para promover la seguridad en las carreteras.

Una variedad de factores debe ser atendida en el proceso de diseño de vías, incluyendo, la evaluación del tráfico previsto, las necesidades de los usuarios, el entorno físico, y las limitaciones económicas. Éste es un campo que hace uso de herramientas y técnicas avanzadas para desarrollar diseños que maximicen el rendimiento de vías, minimicen los riesgos asociados, y cumplan con las necesidades de movilidad de las comunidades.

La falta de vías rurales limita el acceso a servicios básicos, perdida en las oportunidades económicas, en la productividad agrícola, afecta a la respuesta a emergencias y servicios de salud, limita las oportunidades de empleo y al desarrollo educativo. Es fundamental invertir en la construcción y mejora de vías rurales para impulsar el desarrollo sostenible de las comunidades y reducir las diferencias entre áreas urbanas y rurales.

El recinto Poza de Cacao es un recinto que pertenece al Cantón de Salitre de la provincia de las Guayas, cuyas coordenadas geográficas son: 634834.9740 E, 9801842.5820 N. En el recinto habitan aproximadamente alrededor de unos 6.000 habitantes, quienes cuentan con una calidad de vida poco favorable.

## **2 PROBLEMÁTICA**

La calidad de vida y bienestar social se ve perjudicada por la falta de una vía en buenas condiciones puesto que, al tener una vía en deterioro causa el aumento de los tiempos de viaje y la fatiga asociada con las condiciones del camino. Esto afecta la salud física y mental de los habitantes, así como su bienestar general.

A causa de que recinto Poza de Cacao hasta la escuela de Educación Básica Germania Figueroa presenta una vía en pésimo estado dificultando la movilidad de los habitantes y visitantes, debido a que el recinto cuenta con vías de material granular existentes en mal estado las cuales se vuelven intransitables durante las temporadas de lluvia, lo que restringe el acceso a servicios esenciales, como hospitales, escuelas y mercados.

El recinto Poza de Cacao cuenta con una escuela de Educación Básica Germania Figueroa león de la parroquia General Vernaza (Dos Esteros) es un centro Educativo de Educación Regular y sostenimiento Fiscal, con jurisdicción Hispana, consecuentemente las dificultades para el acceso a la educación se ha visto afectada también ya que puede llevar a un alto ausentismo escolar en la época invernal, por lo que la vía se vuelve intransitable, esto afecta negativamente la educación y el futuro de los jóvenes de la región.

La economía del recinto se basa principalmente en la agricultura, los habitantes cultivan una variedad de productos agrícolas como frutas, verduras, arroz, productos lácteos y su principal fuente de producción el cacao, que son vendidos tanto a nivel local como en otros recintos cercanos. A causa de contar con una vía en mal estado el desarrollo económico se ha visto afectado ya que por la falta de una vía de asfalto dificulta el transportar los productos agrícolas y bienes que se desarrollan en el sector debido a esto limita las oportunidades de mercado.

El recinto carece de servicios médicos cercanos por consiguiente los habitantes del sector tiene que movilizarse al Centro de salud Vernaza MSP puesto que este es el más cercano al recinto, el cual está ubicado en la parroquia General Vernaza, por ende, el acceso a servicios médicos de calidad es limitado debido a las condiciones actuales de la vía. En situaciones de emergencia, como accidentes o enfermedades graves, la demora en el acceso a atención médica adecuada puede ser fatal.

El impacto ambiental de la zona como las inundaciones en temporadas de lluvias y erosión del suelo en temporadas de sequía han causado daños significativos. El daño a la salud causado por las condiciones de la vía genera una gran cantidad de polvo y a su vez se crean partículas en suspensión en el aire, lo que puede causar problemas respiratorios y de salud a largo plazo. Esto se agrava durante las temporadas de sequía lo que afecta especialmente a niños y personas mayores.

*Ilustración 1 Imagen satelital de la vía diseñar*



*Fuente: Google Earth*

*Ilustración 2 Estado actual de la vía*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 3 Estado actual de la vía*



*Fuente: Autores*

El diseño de una vía en perfectas condiciones que comience desde el ingreso al sector Poza del Cacao hasta la escuela de Educación Básica Germania Figueroa, mejorando la accesibilidad, así permitiendo que los habitantes transiten de manera eficiente tanto internamente como a otros destinos.

Diseñar la vía basados en la norma técnica ecuatoriana MTOP, con lo cual se garantiza el diseño seguro y adecuado, como el correcto diseño de radio mínimo de curvatura, distancias de visibilidad, líneas de visión y curvas.

La propuesta de un nuevo diseño busca mejorar el transporte de productos agrícolas y bienes, además, podría atraer inversiones económicas a la zona, como la creación de mercados locales y oportunidades para emprendimientos locales.

El diseño de una vía nueva busca reducir los tiempos de viaje y la fatiga asociada al diseño actual y a las condiciones de las vías la cual posee una capa de rodadura de material granular, asimismo mejorando la calidad de vida de los habitantes y su bienestar general, también se busca la reducción de la generación de polvo y partículas en suspensión en el aire, lo que beneficiará a la salud de la población.

Por otro lado, la mejora en las condiciones de la vía de acceso permitirá que los niños lleguen a la escuela de manera segura y eficiente, garantizando así un mejor acceso a la educación, además, un acceso rápido y seguro a los servicios médicos, lo que es crucial en situaciones de emergencia.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

- Diseñar la vía desde el ingreso al sector Poza del Cacao hasta la Unidad Educativa Básica Germania Figueroa León ubicado en el Cantón Salitre, Provincia del Guayas, Ecuador.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Realizar el levantamiento topográfico del tramo vial a intervenir.
- Efectuar el estudio de tráfico para determinar las características del flujo vehicular en la zona.
- Proponer un diseño de la vía desde el ingreso al sector Poza del Cacao hasta la escuela de Educación Básica Germania Figueroa león ubicado en el Cantón Salitre, de acuerdo con la normativa vigente MTOP.

### **4 MARCO TEÓRICO**

#### **4.1 PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS SUELOS**

Las propiedades geotécnicas del suelo, como la distribución del tamaño de las partículas, la plasticidad, la compresibilidad y la resistencia al corte, pueden evaluarse mediante pruebas de laboratorio adecuadas. Estas pruebas permiten obtener información sobre el comportamiento del terreno en el que se va a desarrollar el proyecto, también determinando sus propiedades de resistencia a cargas y así como sus deformaciones. (Rodríguez, 2019)

Para determinar la precisión de los parámetros de los especímenes de suelos, determinados en el laboratorio o campo, se requiere conocimientos sobre principios básicos de mecánica de suelos. Esto implica comprender los fundamentos teóricos y prácticos de cómo los suelos se comportan bajo diferentes condiciones de carga y deformación. (Rodríguez, 2019)

“En cualquier masa de suelo, los tamaños de los granos varían en gran medida. Para clasificar apropiadamente un suelo, se debe conocer su distribución granulométrica. La distribución granulométrica de un suelo de grano grueso se determina por lo general mediante un análisis granulométrico con mallas. Para un suelo de grano fino, la distribución granulométrica se puede obtener por medio del análisis del hidrómetro”.

(Das, 2015)

El autor explica que, en toda muestra de suelo los tamaños de los granos tienen una variación entre ellos. Para la clasificación un suelo, es necesario conocer su granulometría, en otras palabras, cual es la proporción de los diferentes tamaños de partículas presentes en el suelo, en la cual se destaca la importancia de conocer la distribución granulométrica de un suelo para su clasificación adecuada. Se mencionan dos métodos comunes para determinar esta distribución: el primero es el análisis granulométrico por diferentes aberturas de tamices para suelos de grano grueso y el análisis del hidrómetro para suelos de grano fino.

“El contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo cambia de un estado líquido a uno plástico se define como límite líquido (LL). De manera similar, el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo cambia de un estado plástico a uno semisólido y de un estado semisólido a un sólido se define como límite plástico (LP) y límite de contracción (LC), respectivamente. A estos límites se les refiere como límites de Atterberg”. (Das, 2015)

Los límites conocidos como límites de Atterberg son importantes para la caracterización de suelos, los límites ayudan a comprender las propiedades y el comportamiento de los suelos en diferentes condiciones de humedad, estos límites de Atterberg miden puntos críticos de consistencia en función del contenido de agua de los suelos.



## **4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS**

“Los dos sistemas de clasificación principales de uso actual son el sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System (también es el sistema de la ASTM). El sistema de la AASHTO se emplea principalmente para la clasificación de las capas del pavimento de una carretera”. (Das, 2015)

El autor expresa que los sistemas de clasificación de suelos son herramientas valiosas, permitiendo organizar y comprender mejor manera las propiedades de los suelos, lo que es útil para diferentes aplicaciones.

### **4.2.1 Sistema AASTHO**

“Los suelos se pueden clasificar según ocho grupos principales, A-1 a A-8, con base en su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos listados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso, y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son materiales de grano fino. La turba, el fango y otros suelos altamente orgánicos se clasifican en el grupo A-8 y se identifican mediante una inspección visual”. (Das, 2015)

En el texto se expresa que los diferentes grupos y subgrupos permite una mejor comprensión de sus propiedades y características, esto es fundamental para varias aplicaciones, al agrupar los suelos según sus propiedades similares, las clasificaciones ayudan a tomar decisiones informadas sobre el diseño de proyectos que involucran suelos.

Tabla 1 Clasificación de los suelos según la ASTM

Clasificación General	Material Granular						Material limo arcillosos					
	A-1		A-2				A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-6		A-7-5						A-7-6
Subgrupos	A-1a	A-1b	A-2-4	A-2-6		A-3	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6	
<b>% pasante</b>												
#10	50% max											
#40	30% max	50% max					51% min					
#200	15% max	25% max	35% max	35% max	35% max	35% max	10% max	36% max	36% max	36% max	36% max	
<b>Característica del material que pasa por el tamiz #40</b>												
LL			40% max	41% max	40% max	41% max	N.P	40% max	41% max	40% max	41% max	
LP	6% max	6% max	10% max	10% max	11% max	11% max		10% max	10% max	11% max	11% max	
IG	0	0	0	0	4 max	4 max	0	8 max	12 max	16 max	20 max	
<b>Tipo de material</b>	<b>Fragmentos pétreos de gravas y arenas</b>		<b>Gravas y arenas, limosas y arcillosas</b>				<b>Arena fina</b>	<b>Suelos limosos</b>	<b>Suelos arcillosos</b>			

Fuente: ASTM D-3282

#### 4.2.2 Sistema unificado

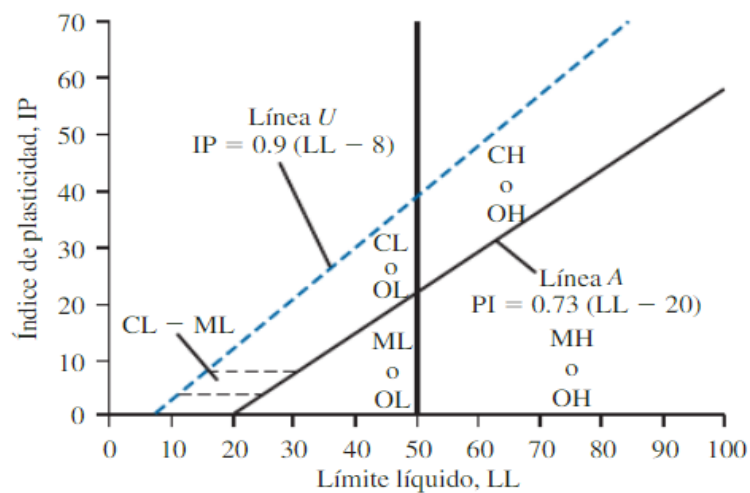
La clasificación del sistema unificado involucra el uso de símbolos para identificar el tipo específico de suelo, esta clasificación se basa en el diagrama de plasticidad, el cual requiere conocer el límite líquido y el índice de plasticidad del suelo, para clasificar un suelo determinado, se asigna al grupo al que pertenece de acuerdo a sus propiedades, y se le coloca el símbolo correspondiente a dicho grupo, la gráfica de plasticidad permite ubicar al suelo dentro de ciertas zonas que definen su naturaleza, ya sea arcillosa, limo-arcillosa, arenosa, etc., de esta forma, el símbolo brinda una identificación concisa del suelo que facilita su manejo e interpretación. (Das, 2015).

En el sistema unificado se utilizan los siguientes símbolos:

### Símbolos

**G:** Grava; **S:** Arena; **M:** Limo; **C:** Arcilla; **O:** Limos orgánicos y arcilla; **Pt:** Turba y suelos altamente orgánicos; **H:** Alta plasticidad; **L:** Baja plasticidad; **W:** Bien graduado; **P:** Mal graduado

Grafica 1 Plasticidad de los suelos



Fuente: *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Séptima edición. (Das, 2015)*

### 4.3 ENSAYO PROCTOR

El ensayo Proctor es una prueba de laboratorio diseñada para determinar las propiedades de compactación de un suelo, lo cual es esencial en diseño y la construcción de carreteras. Este proceso sigue varios pasos clave.

En primer lugar, se recoge una muestra representativa del suelo a analizar, luego se ajusta la humedad del suelo a diferentes niveles, creando varias muestras con contenidos de humedad variables. Cada muestra se coloca en un molde cilíndrico y se compacta utilizando un pisón estandarizado con una energía de compactación específica.

Después de compactar, se mide la densidad seca y la humedad de cada muestra. Estos datos se utilizan para construir una curva de compactación, que muestra la relación entre la humedad y la densidad seca.

El ensayo Proctor ayuda a determinar la humedad óptima para la compactación, así como la densidad máxima alcanzada, estos resultados son esenciales para el diseño de carreteras, ya que la compactación adecuada asegura una mayor resistencia y estabilidad del suelo. Además, el ensayo Proctor es esencial para evaluar el impacto de la humedad en el comportamiento del suelo durante la construcción. Este procedimiento proporciona información valiosa que influye en la toma de decisiones relacionadas con la ingeniería de suelos y la planificación de proyectos de construcción.

*Tabla 2 Especificaciones de la prueba Proctor modificada (Norma ASTM-1577)*

<b>ELEMENTO</b>	<b>METODO A</b>	<b>METODO B</b>	<b>METODO C</b>	<b>METODO D</b>
Diámetro del molde	101,6 mm	152,4 mm	101,6 mm	152,4 mm
Volumen del molde	943,3 cm <sup>3</sup>	943,3 cm <sup>3</sup>	943,3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso del martillo	44,5 N	44,5 N	44,5 N	44,5 N
Altura de la caída del martillo	457,2 mm	457,2 mm	457,2 mm	457,2 mm
Número de golpes de martillo	25	56	25	56
Número de Capas de Compactación	3	5	3	5
Energía de Compactación	2696 Kn*m/m <sup>3</sup>	2697 Kn*m/m <sup>3</sup>	2698 Kn*m/m <sup>3</sup>	2699 Kn*m/m <sup>3</sup>
Suelo Utilizado	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz núm. 4 (4.57 mm). Puede ser utilizada si 20% o menos del peso de material es retenido en el tamiz núm. 4	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede utilizarse si el suelo retenido en el tamiz núm. 4 es más de 20% y 20% o menos del peso es retenido en el tamiz de 9.5 mm	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede utilizarse si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm

*Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das, 2015*

Tabla 3 Comparaciones entre el Proctor Estándar y Modificado

COMPARACIÓN DE PROCTOR MODIFICADO VS PROCTOR ESTANDAR		
AASHTO	T-99	T-180
Volumen del molde, m <sup>3</sup>	Método A, C:0,000943 ±0,000008 Método B, D:0,002124 ±0,000021	Método A, C:0,000943 ±0,000008 Método B, D:0,002124 ±0,000021
Diámetro del molde, mm	Método A, C: 101,6 ±0,41 Método B, D: 152,4 ±2,54	Método A, C: 101,6 ±0,41 Método B, D: 152,4 ±2,54
Altura del molde, mm	116,43 ±0,13	116,43 ±0,13
Altura del collar desmontable, mm	50,80 ±0,64	50,80 ±0,64
Diámetro del pistón, mm	50.8	50.8
Masa del pistón, kg	2495	4536
Altura de caída	305	457
Capas	3	5
Golpes por capas	Método A, C: 25 Método B, D:56	Método A, C: 25 Método B, D:56
Tamaño del material, mm	Método A, C: mínimo 4,75 Método B, D: mínimo 19,0	Método A, C: mínimo 4,75 Método B, D: mínimo 19,0
Tamaño de la muestra, Kg	Método A: 3 Método A: 5(1)	Método A: 7 Método A: 11(1)
Energía KN -m / m <sup>3</sup>	592	2693

Fuente: AASHTO T-180

#### 4.4 ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

La prueba del índice California Bearing Ratio (CBR, por sus siglas en inglés) es una prueba estandarizada empleada con frecuencia en ingeniería civil para evaluar la resistencia al corte y la capacidad portante relativa del tipo suelo a analizar, este un método desarrollado en California en la década de 1920, el ensayo CBR se ha ganado una amplia aceptación como una herramienta fundamental en el diseño de pavimentos y capas de base, este método consiste en medir la capacidad de un suelo para soportar una carga aplicada, sirviendo como referencia para determinar los espesores requeridos de las capas de una estructura de pavimento, su uso generalizado desde hace casi un siglo lo ha convertido en una prueba de referencia para la caracterización geotécnica de materiales empleados en infraestructura vial.

Tabla 4 Sistema de Clasificación de Suelos según su valor de CBR

<b>SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU VALOR DE CBR</b>				
<b>CBR</b>	<b>CLASIFICACION GENERAL</b>	<b>USOS</b>	<b>SISTEMA UNIFICADO</b>	
			<b>UNIFICADO</b>	<b>AASTHO</b>
0 - 3	Muy Pobre	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a Regular	Sub-rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, Subbase	GM, GC, GW, SM, SP, GP	A1-b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowle

#### 4.5 TOPOGRAFÍA

La topografía del terreno en el diseño geométrico de carreteras se menciona que la topografía del terreno puede ser llana, ondulada o montañosa, es un factor determinante en la elección de los parámetros de diseño de la carretera. (NEVI-12-MTOP, 2013)

El conocimiento de la topografía es fundamental para diseñar adecuadamente obras de ingeniería. Sin un buen plano topográfico, no sería posible proyectar sistemas de riego, construir presas, puentes, canales, carreteras, entre otros. Además, la topografía es esencial en la ejecución de obras de conservación de suelos, ya que permite determinar las pendientes del terreno. La topografía se utiliza en la selección de áreas mediante la interpretación de curvas de nivel, así como en la ubicación y localización de parcelas para el inventario forestal. (NEVI-12-MTOP, 2013)

##### 4.5.1 Partes que se divide la topografía

La topográfica se divide en dos grandes partes que son la planimetría y la altimetría.

**Planimetría:** Es la que estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del

terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo. Entre los trabajos que realiza la planimetría tenemos: cálculo de superficie, división de terrenos en parcelas, replanteo de líneas viejas o destruidas, construcción de planos de terrenos, etc. (Morales, 2015)

**Altimetría:** Estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo. Entre los trabajos que realiza la planimetría tenemos: cálculo de superficie, división de terrenos en parcelas, replanteo de líneas viejas o destruidas, construcción de planos de terrenos, etc. (Morales, 2015)

Métodos de nivelación:

- Métodos indirectos: Nivelación trigonométrica y barométrica.
- Método directo: Nivelación diferencial o geométrica.

#### **4.5.2 Tipos de terrenos**

Un terreno es llano cuando no hay pendientes significativas, un terreno es ondulado cuando las pendientes se ajustan a las pendientes longitudinales del trazado y montañoso cuando las pendientes del proyecto gobiernan el trazado. Además, se distingue entre una topografía montañosa suave (pendiente transversal  $\leq 50\%$ ) y una topografía montañosa escarpada (pendiente transversal  $> 50\%$ ) (NEVI-12-MTOP, 2013).

El factor topográfico tiene un impacto considerable en los costos de construcción de un proyecto vial, especialmente en relación con el trazado horizontal, las alineaciones en curva y la geometría de la sección transversal. La velocidad de diseño también está estrechamente vinculada a la topografía, asignándose valores altos para terrenos llanos, valores medios para terrenos ondulados y valores bajos para terrenos montañosos (NEVI-12-MTOP, 2013).

La sección transversal de la carretera también está influenciada por la topografía del terreno, una topografía montañosa escarpada aumenta el volumen de movimiento de tierras, lo que puede requerir una reducción en el ancho de la sección típica normal. (NEVI-12-MTOP, 2013)

La normativa pone énfasis en que la topografía del terreno es un factor fundamental en el diseño geométrico de las carreteras, las características geométricas de la vía deben adaptarse a la topografía existente, así como a la alineación horizontal, la sección transversal y la velocidad de diseño elegida.

La importancia de obtener datos topográficos precisos mediante levantamientos y de llevar a cabo estudios geológicos detallados, a fin de comprender las limitaciones y oportunidades del terreno, esto es esencial para lograr un diseño de calidad acorde a las condiciones del sitio, que optimice la inversión y minimice los impactos ambientales de la vialidad.

## **4.6 CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS**

### **4.6.1 Tipos de carreteras**

“Las carreteras deben tener en cuenta principalmente su aspecto funcional sin dejar de lado su seguridad, económica, sostenibilidad, eficiencia y su confiabilidad, así poder hacer frente a las demandas actuales y futura.” (NEVI-12-MTOP, 2013).

Los aspectos mencionados en el texto se centran en mejorar la calidad de las carreteras, minimizando así los impactos ambientales y garantizando una infraestructura vial que satisfaga las necesidades actuales y futuras.



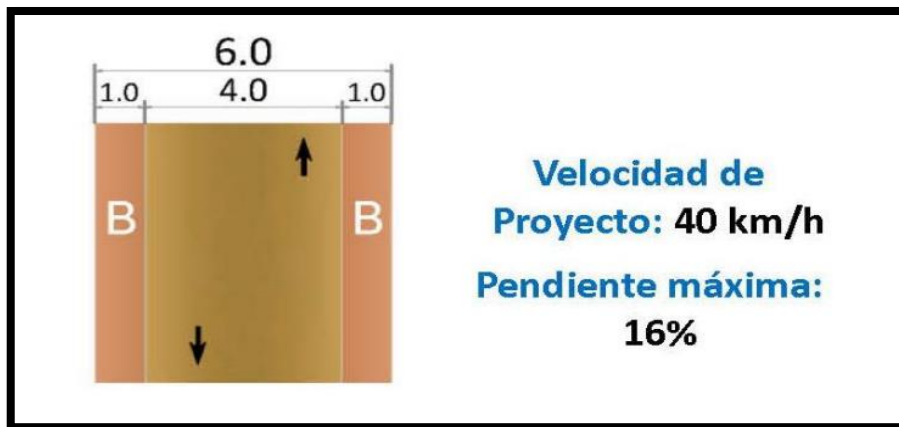
## 4.6.2 Carreteras según su funcionamiento

### Camino Agrícola o Florestal

La característica de estas carreteras es:

- Velocidad de proyecto: 40 Km/h
- Pendiente máxima: 16%.
- Ancho máximo: 6 m
- Número de carriles: 1

*Ilustración 4 Camino Agrícola*



*Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)*

### Camino Básico

La característica de estas carreteras es:

- Velocidad de proyecto: 60 Km/h
- Pendiente máxima: 14%.
- Ancho máximo: 9 m
- Número de carriles: 2

Ilustración 5 Camino Básico



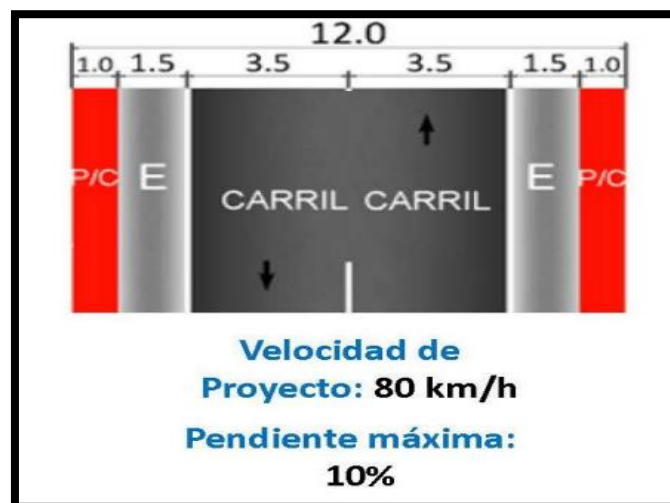
Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

### Carretera convencional básica

La característica de estas carreteras es:

- Velocidad de proyecto: 80 Km/h
- Pendiente máxima: 10%.
- Ancho máximo: 12 m
- Número de carriles: 2

Ilustración 6 Carretera convencional básica



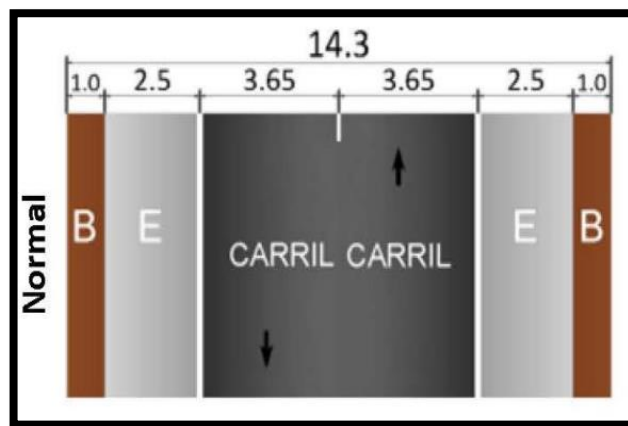
Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

### Carretera convencional básica (Normal)

La característica de estas carreteras es:

- Velocidad de proyecto: 100 Km/h
- Pendiente máxima: 8%.
- Ancho máximo: 14.30 m
- Número de carriles: 2

*Ilustración 7 Carretera convencional básica (Normal)*



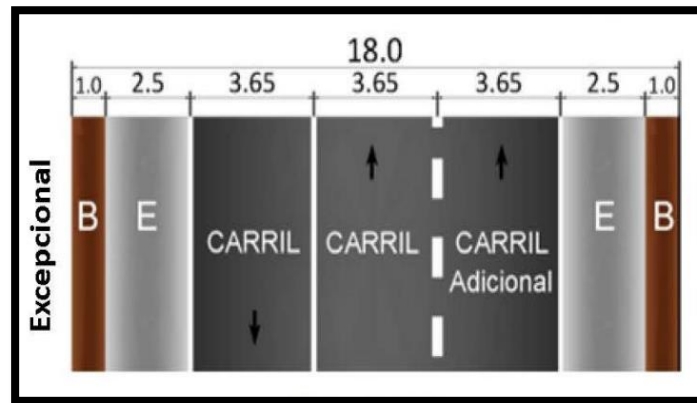
*Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)*

### Carretera convencional básica (Excepcional)

La característica de estas carreteras es:

- velocidad de proyecto: 100 Km/h
- pendiente máxima: 8%.
- Ancho máximo: 18 m
- Número de carriles: 2 más 1 adicional

Ilustración 8 Carretera convencional básica (Excepcional)



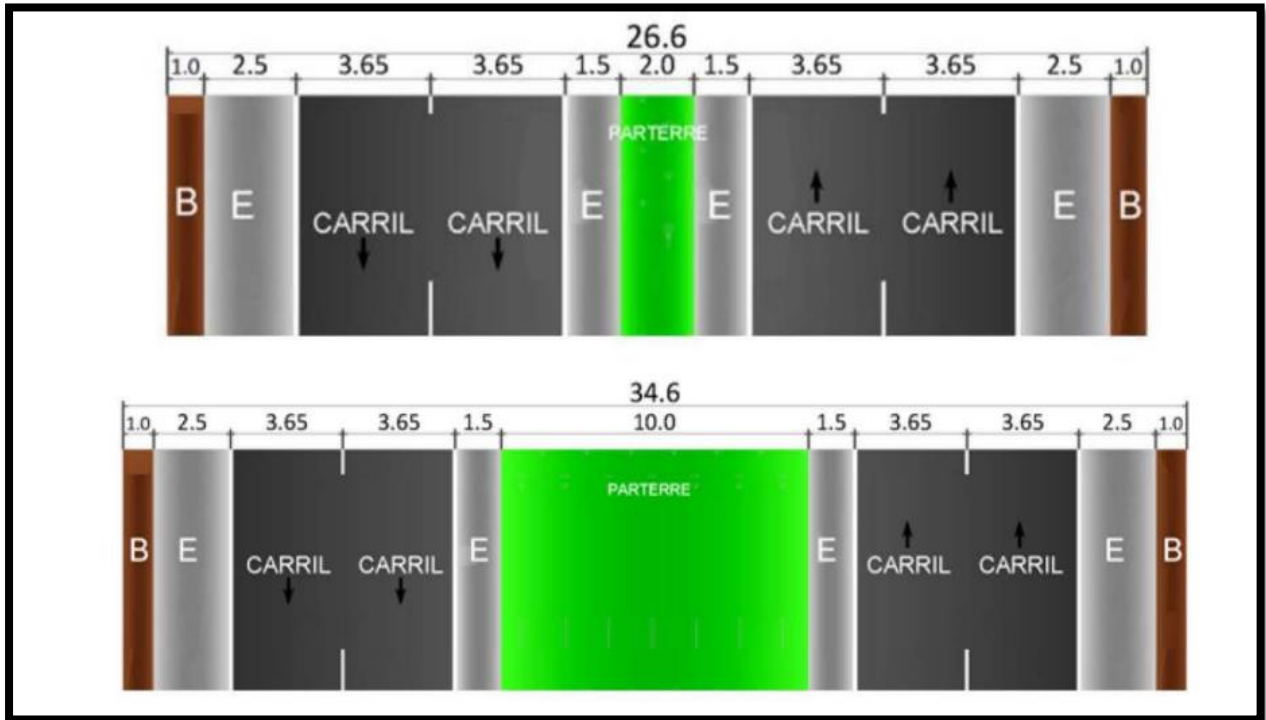
Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

### Vías de Alta Capacidad Interurbana

La característica de estas carreteras es:

- Velocidad de proyecto: 120 Km/h
- Pendiente máxima: 6%.
- Ancho máximo: 26.60 m hasta 34.60 m
- Número de carriles: 4

Ilustración 9 Vías de Alta Capacidad Interurbana



Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

Según la (NEVI-12-MTOP, 2013) las vías de alta capacidad deberán cumplir las siguientes condiciones:

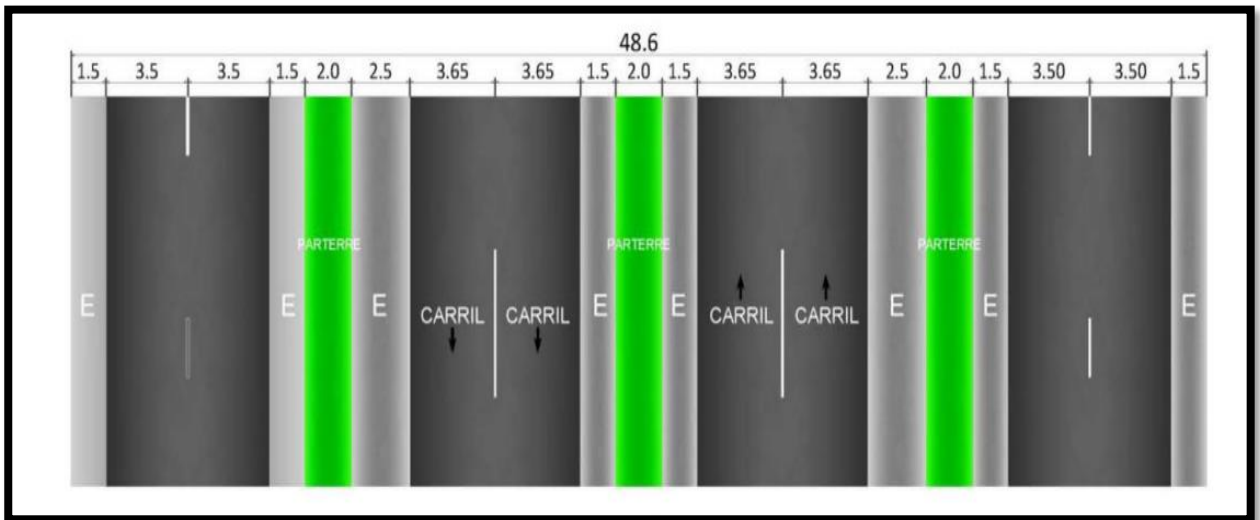
- Control total de acceso, no se podrá acceder a la autopista desde las propiedades colindantes.
- Sin cruces a nivel con ninguna otra vía de comunicación, ni servidumbre de paso.
- Calzadas separadas para cada sentido de la circulación, salvo en puntos singulares o con carácter temporal. La separación será preferentemente mediante una franja de terreno no destinada a la circulación y excepcionalmente con otros medios físicos

## Vías de Alta Capacidad urbana o Periurbana

La característica de estas carreteras es:

- Velocidad de proyecto: 100 Km/h
- Pendiente máxima: 8%.
- Ancho máximo: 48.60 m
- Número de carriles: 8

Ilustración 10 Vías de Alta Capacidad urbana o Periurbana



Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

### 4.7 TRAFICO

Clasificación de las carreteras según su TPDA de acuerdo con la Normas de Diseño Geométrico de Carreteras 2013 del MTOP.

En la norma se describe diferentes tipos de vías clasificadas según su tráfico promedio diario anual como, corredores arteriales, vías colectoras y caminos vecinales. A continuación, se proporciona una explicación de cada categoría:

**Corredores Arteriales:** Estos corredores pueden consistir en carreteras de calzadas separadas, como autopistas, o de calzada única (Clase I y II). En el caso de las

autopistas, se establece un control total de accesos y puede haber restricciones de uso para ciertos usuarios y vehículos. (NEVI-12-MTOP, 2013)

**Vías Colectoras:** Estas vías corresponden a carreteras de diferentes clases (I, II, III y IV) según su importancia y están destinadas a recibir el tráfico proveniente de los caminos vecinales. Las vías colectoras sirven a poblaciones principales que no están dentro del sistema arterial nacional. (NEVI-12-MTOP, 2013)

**Caminos Vecinales:** Estas vías son carreteras de clase IV y V que engloban todos los caminos rurales que no se incluyen en las categorías anteriores. Los caminos vecinales generalmente se utilizan para conectar áreas rurales y comunidades locales más pequeña. (NEVI-12-MTOP, 2013)

#### **4.7.1 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)**

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) es fundamental en ingeniería de transporte y planificación vial, representa la cantidad promedio de vehículos que transitan por una carretera o ubicación específica en un día a lo largo de un año.

El valor del TPDA es importante para evaluar la capacidad de las vías de tráfico, planificar el mantenimiento y las mejoras de la infraestructura vial, así como para comprender la demanda de transporte en una determinada zona. El cálculo del TPDA implica la recopilación de datos a lo largo de un año, utilizando métodos como conteos manuales, sensores de lazo inductivo en la carretera, cámaras de tráfico, sistemas de peaje electrónicos entre otros. (Pardillo, 2015)

Al obtener el promedio diario anual, se logra suavizar las variaciones en el flujo vehicular que ocurren a diario y entre estaciones, de modo que se obtenga una perspectiva más integral de la carga de tránsito en una ubicación determinada a lo largo del tiempo, el promedio anualiza los picos y valles, proporcionando una métrica estandarizada que

permite comparar sitios y años, así como dimensionar adecuadamente la infraestructura vial. El TPDA se utiliza en diversas aplicaciones, desde la planificación de nuevas infraestructuras viales hasta la gestión del tráfico existente. (Pardillo, 2015)

#### **4.7.2 Volumen de Tráfico**

Se refiere simplemente a la cantidad total de vehículos que pasan por un lugar en un período de tiempo específico. Este dato es crucial para entender cuántos vehículos utiliza una carretera o área en particular. El volumen de tráfico es esencial para planificar y diseñar carreteras, mejorar la seguridad vial y tomar decisiones sobre el desarrollo urbano. (Fernández, 2011)

#### **4.8 CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA DE UNA VÍA**

Se refieren a las dimensiones y la configuración física de la carretera. Estas características afectan la seguridad y eficiencia del tráfico. Algunas características geométricas importantes incluyen el ancho de la carretera, el radio de las curvas, la pendiente de las colinas y la visibilidad de la carretera. (NEVI-12-MTOP, 2013)

- **Ancho de carriles:** Se refiere a la distancia horizontal entre los bordes exteriores de los carriles adyacentes.
- **Ancho de calzada:** Se refiere a la distancia horizontal total de una carretera, que incluye todos los carriles, arcenes y medianas
- **Arcenes:** Son las áreas no pavimentadas a los lados de la carretera, separadas de los carriles de circulación.
- **Mediana:** Se refiere a la franja de terreno o espacio físico que separa los carriles de circulación en direcciones opuestas.
- **Radio de Giro:** La distancia desde el centro de una curva hasta el borde exterior de la carretera.
- **Súper elevación o Perfil transversal:** Consiste en el diseño de la inclinación lateral



de la carretera en curvas.

- Pendientes: Se considera en una carretera a las inclinaciones o declives a lo largo del eje longitudinal de la vía. Estas pendientes pueden ser ascendentes o descendentes.
- Distancia de visibilidad: En el contexto de carreteras es la distancia que un conductor puede ver claramente a lo largo de la carretera.
- Radio de curvatura horizontal: Es la medida del giro o curvatura de una carretera en un plano horizontal.
- Zonas de transición: Son áreas específicas diseñadas para facilitar la transición gradual entre diferentes características geométricas de la vía.
- Señalización y marcas viales: Utilización de señales y marcas en el pavimento para proporcionar información importante y regular el flujo de tráfico o la carretera.
- Alineamiento Horizontal: Se trata de la configuración y dirección de la carretera en términos de curvas y rectas cuando se visualiza desde arriba.
  - Velocidad de diseño
  - Radio de curvatura
  - Longitud de transición

Es la velocidad esperada a la que los vehículos pueden circular de manera segura y eficiente en una vía específica. Factores como la topografía, el uso del suelo y las condiciones ambientales influyen en esta velocidad. Esta variable guía el diseño geométrico de la carretera, afectando elementos como el radio de curvatura y la súper elevación. La elección adecuada de la velocidad de proyecto es esencial para la seguridad vial y la adaptación de la infraestructura a las condiciones específicas de la vía. (NEVI-12-MTOP, 2013)

Tabla 5 Velocidad de operación promedio

VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO Km/h VOLUMEN DE TRANSITO		
	BAJO	MEDIO	ALTO
40	38	35	33
50	47	42	40
60	56	52	45
70	63	60	55
80	72	65	60
100	88	75	-
120	105	85	-

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

#### 4.8.1 Radio mínimo de curvatura

Este radio mínimo de curvatura es una consideración crítica al diseñar curvas en una carretera. Un radio más pequeño indica una curva más cerrada, mientras que un radio más grande implica una curva más amplia.

La máxima amplitud de la curva hace referencia al ángulo máximo que puede presentar una curva horizontal en una vía, ya sea carretera o calle. Este valor se determina mediante el cálculo basado en el radio mínimo de la curva y la velocidad de diseño de la vía. (Pardillo, 2015)

Según (NEVI-12-MTOP, 2013), el objetivo es proporcionar transiciones suaves y seguras entre tramos rectos y curvos, permitiendo que los vehículos mantengan una velocidad adecuada sin riesgo de derrapes o pérdida de control.

Una vez que se ha establecido el límite máximo para la inclinación lateral, es factible calcular los radios mínimos para las curvas horizontales mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$R = V^2 / (127(e + f))$$

Donde:

$R$  = Radio mínimo de curva en metros.

$e$  = Tasa de sobreelevación en fracción decimal.

$f$  = Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.

$V$  = Velocidad de diseño, en kilómetros por hora.

#### **4.8.2 Distancia de visibilidad**

Esta medida es esencial para la seguridad vial, ya que una distancia de visibilidad adecuada permite a los conductores tomar decisiones informadas y evitar colisiones. La distancia de visibilidad se ve afectada por factores como la topografía, la presencia de curvas, la ubicación de señales de tráfico y la velocidad del vehículo. (NEVI-12-MTOP, 2013)

#### **4.8.3 Línea de visión**

La trayectoria visual directa desde la posición de un observador hasta el punto de que se está mirando. En términos de seguridad vial, es esencial para garantizar que los conductores tengan una visión clara de la carretera y cualquier posible obstáculo o vehículo. (NEVI-12-MTOP, 2013)

#### **4.8.4 Condiciones climáticas**

Situaciones atmosféricas, como lluvia, nieve, viento o niebla, que afectan la seguridad y operación de las carreteras. (NEVI-12-MTOP, 2013)

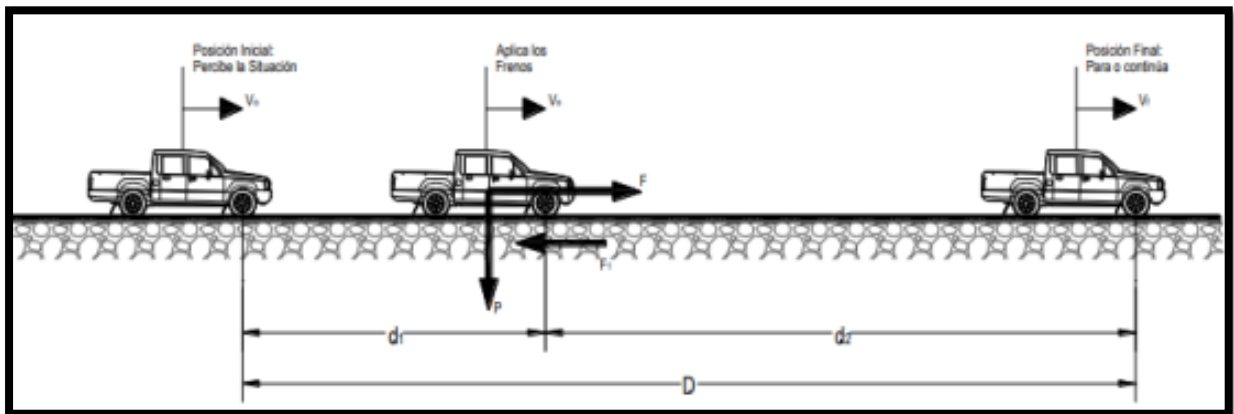
#### 4.8.5 Iluminación

instalación de luces artificiales para mejorar la visibilidad y la seguridad durante la noche o en condiciones de poca luz. Este elemento es esencial para permitir que los conductores vean claramente la carretera, señales de tráfico y otros vehículos, contribuyendo así a la seguridad vial y la orientación adecuada. (NEVI-12-MTOP, 2013)

#### 4.8.6 Obstáculos en la carretera

Son elementos físicos que pueden representar riesgos o desafíos para la seguridad vial. Estos obstáculos pueden incluir objetos, estructuras o condiciones que afectan la circulación normal en una carretera. Algunos ejemplos comunes incluyen vehículos detenidos o estacionados en lugares inapropiados, construcciones, árboles caídos, animales en la vía, entre otros. (NEVI-12-MTOP, 2013)

*Ilustración 11 Distancia de visibilidad de parada*



*Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)*

“La distancia de visibilidad de parada en su primer componente,  $d_1$ , se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, mediante la siguiente expresión matemática:” (NEVI-12-MTOP, 2013)

“La distancia de visibilidad de parada en su primer componente,  $d_1$ , se calcula involucrando la velocidad y el tiempo de percepción y reacción del conductor, mediante la siguiente expresión matemática:” (NEVI-12-MTOP, 2013)

$$d_1 = 0.278 vt \text{ (m)}$$

Cuando el obstáculo es esperado, el tiempo de reacción puede ser desde 0.6 segundos hasta 2.0 segundos para los conductores más lentos en reaccionar. En situaciones inesperadas, el tiempo de reacción puede incrementarse en un 35 por ciento, elevando el dato más restrictivo a 2.7 segundos.” (NEVI-12-MTOP, 2013)

$v$  = Velocidad inicial, en kilómetros por hora.

$t$  = Tiempo de percepción y reacción, que ya se indicó es de 2.5 seg.

La distancia de frenado,  $d_2$ , se calcula por medio de la expresión que se muestra a continuación:

$$d_2 = v^2 / 254 f \text{ (m)}$$

Las siguientes tablas, nos muestran las distancias de visibilidad de parada en terreno plano, en pendiente y de decisión, estas dan como resultado al aplicar las fórmulas que fueron mencionadas anteriormente.

A. En terreno plano

Tabla 6 Distancia de parada y de decisión en terreno plano

VELOCIDAD DE DISEÑO	VELOCIDAD DE MARCHA	TIEMPO DE PERCEPCION Y REACCION		COEFICIENTE DE FRICCION	DISTANCIA DE FRENADO	DISTANCIA DE PARADA
		tiempo (s)	distancia (m)			
Km/h	Km/h			f	(m)	(m)
30	30 - 30	2,5	20,8 - 20,8	0,40	8,8 - 8,8	30 - 30
40	40 - 40	2,6	27,8 - 27,8	0,38	16,6 - 16,6	45 - 45
50	47 - 50	2,7	32,6 - 34,7	0,35	24,8 - 28,1	57 - 63
60	55 - 60	2,8	38,2 - 41,7	0,33	36,1 - 42,9	74 - 85
70	67 - 70	2,9	43,8 - 48,6	0,31	50,4 - 62,2	94 - 111
80	70 - 80	2,10	48,6 - 55,6	0,30	61,2 - 83,9	113 - 139
90	77 - 90	2,11	53,5 - 62,4	0,30	77,7 - 106,2	131 - 169
100	85 - 100	2,12	59,0 - 69,4	0,29	98,0 - 135,6	157 - 205
110	91 - 110	2,13	63,2 - 76,4	0,29	116,3 - 170,0	180 - 246

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

B. En pendiente de bajada y subida

Tabla 7 Distancias de parada en pendiente de bajada y subida

VELOCIDAD DE DISEÑO	DISTANCIA DE PARADA EN BAJADA (m)			DISTANCIA DE PARADA EN SUBIDA (m)		
	Km/h	3%	6%	9%	3%	6%
30	30,40	32,20	32,20	29,00	28,50	28,00
40	45,70	47,50	49,50	43,20	42,10	41,20
50	65,50	65,60	72,60	55,50	53,80	52,40
60	88,90	94,20	100,80	71,30	68,70	66,60
70	117,50	125,80	136,30	89,70	85,90	82,80
80	148,80	160,80	175,50	107,10	102,20	98,10
90	180,60	195,40	214,40	124,20	118,80	113,40
100	220,80	240,60	156,90	147,90	140,30	133,90
110	267,00	296,90	327,10	168,40	159,10	151,30

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

### C. Decisión para evitar maniobras

*Tabla 8 Distancias de decisión para evitar maniobra*

VELOCIDAD DE DISEÑO	DISTANCIA DE DECISIÓN PARA EVITAR LA MANIOBRA (m)				
	Km/h	a	b	c	d
50	75	160	145	160	200
60	95	205	175	205	235
70	125	150	200	240	275
80	155	300	230	275	315
90	185	360	270	320	360
100	225	415	315	365	405
110	265	455	335	390	435

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

#### 4.8.7 Distancia de Visibilidad de Adelantamiento

Es la distancia mínima necesaria para que un conductor pueda rebasar a otro vehículo que viaja en el mismo carril y dirección a una velocidad más baja, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado.

Durante esta maniobra, el conductor cruza al carril contrario y mantiene una visión constante del vehículo que se aproxima desde el inicio del adelantamiento. Para calcular esta distancia, se suma la longitud de cuatro distancias individuales, cada una establecida de acuerdo con descripciones específicas. Estas medidas son fundamentales para garantizar que el adelantamiento se realice de manera cómoda y segura. (NEVI-12-MTOP, 2013)

La distancia de retardo inicial ( $d_1$ ) se determina empleando la siguiente fórmula:

$$d_1 = 0.278 t_1 (v - m + a(t_1/2)) \text{ Donde:}$$

$v$  = velocidad promedio del vehículo que rebasa, en kilómetros por hora.

$t_1$  = Tiempo de maniobra inicial en segundos.

$a$  = Aceleración promedio del vehículo que efectúa el rebase, en kilómetros por hora por segundo durante el inicio de la maniobra.

$m$  = Diferencia de velocidad entre el vehículo que es rebasado y el que rebasa en kilómetros por hora.

La distancia de adelantamiento ( $d_2$ ) se calcula con la siguiente ecuación:

$$d_2 = 0.278 v t_2$$

Donde:

$v$  = velocidad promedio del vehículo que ejecuta el adelantamiento, kilómetros por hora

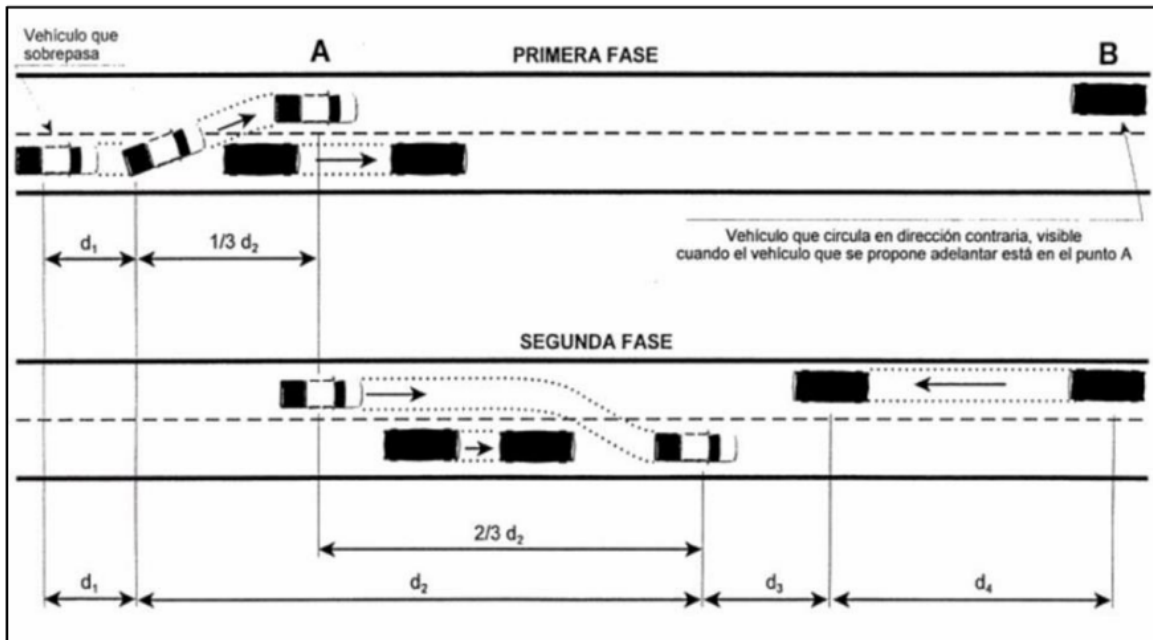
$t_2$  = Tiempo de ocupación del carril opuesto, segundos.

La distancia de precaución ( $d_3$ ): investigaciones han señalado que intervalos entre 35 metros y 90 metros son considerados adecuados. La distancia cubierta por el vehículo en el carril opuesto ( $d_4$ ): esta distancia se define como dos tercios ( $\frac{2}{3}$ ) de la distancia  $d_2$ .

Tras haber aplicado las fórmulas mencionadas previamente, se exponen a continuación las extensiones de visibilidad para rebasar a velocidades que oscilan entre 30 km/h y 100 km/h, en intervalos de 10 km/h. (NEVI-12-MTOP, 2013)



Ilustración 12 Etapas de Maniobra para Adelantamiento en Carreteras de 2 Carriles



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

Tabla 9 Distancias Mínimas de Diseño Para Carreteras Rurales de dos Carriles en Metros

VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	VELOCIDADES Km/h		DISTANCIA MINIMA DE ADELANTAMIENTO (m)
	vehículo que es rebasado	vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	36	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
90	73	88	605
100	79	94	670
110	85	100	730

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

Tabla 10 Parámetros Básicos

<b>VELOCIDAD PROMEDIO DE ADELANTAMIENTO (Km/h)</b>	<b>50 - 60</b>	<b>66 - 80</b>	<b>81 - 95</b>	<b>96 - 110</b>
<b>Maniobra Inicial</b>				
A = Aceleración promedio (Km/h/s)	2,25	2,3	2,37	4,41
t1 = Tiempo (s)	3,6	4	4,3	4,5
d1 = Distancia recorrida (m)	45	65	90	110
<b>Ocupación de carril izquierdo</b>				
t2 = Tiempo (s)	9,3	10	10,7	11,3
d2 = Distancia recorrida (m)	145	195	250	315
<b>Longitud Libre</b>				
d3 = Distancia recorrida (m)	30	55	75	90
<b>vehículo que se aproxima</b>				
d4 = Distancia recorrida (m)	95	130	165	210
<b>Distancia Total = d1+d2+d3+d4 (m)</b>	<b>315</b>	<b>445</b>	<b>580</b>	<b>725</b>

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

#### 4.8.8 CURVAS

##### Curva Horizontal

La disposición horizontal hace referencia a cómo una carretera o calle se curva en el plano horizontal. Esta curvatura se expresa en grados y se emplea para definir el radio de una curva horizontal. El grado de curvatura ( $G_c$ ) es el ángulo en el centro de un círculo con radio  $R$ , correspondiente a un arco de 100 pies o 20 metros, según el sistema de medidas empleado. (NEVI-12-MTOP, 2013)

El radio de una curva horizontal desempeña un papel crucial al determinar la velocidad segura para un vehículo al atravesar la curva. En situaciones donde la curva es muy cerrada, se puede necesitar una velocidad más baja para garantizar la seguridad, mientras que, en curvas más suaves, se puede permitir una velocidad más elevada.

## Curvas horizontales simples

Secciones de la vía que presentan cambios de dirección en el plano horizontal. Estas curvas pueden tener diferentes radios y grados de inclinación, y son esenciales en el diseño geométrico de carreteras para adaptarse a la topografía del terreno y brindar una experiencia de conducción segura y eficiente. (NEVI-12-MTOP, 2013)

- PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.
- PC: Punto en donde empieza la curva simple.
- PT: Punto en donde termina la curva simple.
- $\alpha$ : Ángulo de deflexión de las tangentes.
- $\Delta c$ : Ángulo central de la curvatura principal. En curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.
- $\theta$ : Ángulo de deflexión de la curva circular.

Ángulo entre el alargamiento de la tangente en el PC y tangente en el punto considerado.

Su fórmula es:  $\theta = Gc * 1/20$

- GC: Grado de curvatura de la curva circular.
- RC: Radio de curvatura circular.
- T: Tangente de la curvatura.
- E: External. Mínima distancia entre PI y la curva  $E = R(\sec \alpha/2 - 1)$
- M: Ordenada media.

Distancia de la flecha en el punto medio de la curva.

Su fórmula es:  $M = R - R \cos \alpha/2$

- C: Cuerda, recta comprendida entre 2 puntos de la curva

$$C = 2R \sin \theta/2$$



garantizar una transición suave y controlada entre tramos rectos y curvos de la carretera.  
(NEVI-12-MTOP, 2013)

#### 4.8.10 Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobreelevación o peralte

Máxima fuerza lateral que puede ser aplicada entre los neumáticos de un vehículo y la superficie de la carretera sin que ocurra deslizamiento o derrape. Este factor es crucial para determinar la seguridad y estabilidad de un vehículo al tomar curvas. Un conocimiento preciso de la fricción lateral máxima ayuda a establecer límites de velocidad seguros en curvas y a diseñar curvas con geometría adecuada. (NEVI-12-MTOP, 2013)

Ilustración 13 Valores de Diseño Recomendados para Carreteras de Dos Carriles y Caminos Vecinales

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

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

#### **4.9 SOFTWARE DE DISEÑO VIAL**

AutoCAD Civil 3D es un software utilizado para llevar a cabo tareas de diseño y documentación en proyectos de ingeniería civil. Este programa permite seguir flujos de trabajos basados en el enfoque de Modelado de Información de Construcción (BIM) para garantizar la coherencia y eficiencia en los procesos. (Autodesk, Autodesk , 2020)

AutoCAD Civil 3D es un programa de diseño y documentación utilizado en proyectos de ingeniería civil que se beneficia de la metodología BIM. Permite una mayor coherencia en los procesos, cambios rápidos en el diseño y ofrece una visión más clara del rendimiento del proyecto. Además, su capacidad de actualización automática evita la necesidad de reconstruir proyectos desde cero al realizar modificaciones. (Autodesk, Autodesk , 2020)

#### **4.10 DISEÑO DE PAVIMENTO**

El proceso de diseño de pavimentos es fundamental para crear una superficie de rodadura adecuada. En este proceso se definen las características y especificaciones técnicas necesarias, teniendo en cuenta diversos elementos como el tráfico, las condiciones climáticas, el tipo de suelo, el propósito de la vía y las regulaciones locales. (Hernán De Solminihac, 2018)

A continuación, se detallan los aspectos clave del diseño de pavimentos:

- ❖ **Evaluación del tráfico:** Se realiza un análisis exhaustivo de la categoría y volumen de vehículos que transitarán por el pavimento, considerando su distribución en los distintos carriles. Esto permite determinar las cargas y solicitaciones a las que estará expuesto el pavimento.
- ❖ **Análisis del suelo subyacente:** Se investiga la composición del suelo en el área de construcción para evaluar su capacidad de soporte y drenaje. Esto proporciona información crucial para determinar el espesor adecuado del pavimento y

seleccionar los materiales apropiados.

- ❖ **Selección de materiales:** Se eligen los materiales más adecuados para cada capa del pavimento, como la subbase, la base y la capa de rodadura. Esto se basa en consideraciones de resistencia, durabilidad, capacidad de drenaje y otras características específicas del proyecto.
- ❖ **Diseño estructural:** Se calculan los espesores y dimensiones requeridos para cada capa del pavimento, teniendo en cuenta el peso y la distribución de las cargas de tráfico. También se consideran los valores de resistencia y durabilidad necesarios para garantizar la vida útil del pavimento.
- ❖ **Drenaje:** Se implementan medidas de drenaje adecuadas para evitar la acumulación de agua en la superficie del pavimento. Esto puede incluir la instalación de sistemas de drenaje, pendientes adecuadas y la utilización de materiales permeables en capas específicas.
- ❖ **Consideraciones climáticas:** Las condiciones climáticas locales desempeñan un papel importante en el diseño del pavimento. En áreas con temperaturas extremas o variaciones estacionales significativas, se pueden requerir mezclas asfálticas especiales o tratamientos adicionales para asegurar la resistencia al deterioro causado por el clima.
- ❖ **Cumplimiento normativo:** Se siguen las normativas y estándares establecidos por las autoridades locales o nacionales en cuanto a la construcción de pavimentos. Esto garantiza la seguridad, calidad y cumplimiento de los requisitos legales en el diseño.

#### 4.10.1 Pavimentos Flexibles

Un pavimento flexible es un tipo de superficie vial construida en varias capas, reconocido por su capacidad para deformarse o flexionarse bajo las cargas generadas por el tráfico. Está compuesto por una serie de capas superpuestas diseñadas para distribuir de manera eficiente las cargas del tráfico y proporcionar un viaje suave y cómodo para los vehículos. Los pavimentos flexibles se utilizan ampliamente en carreteras y calles debido a su capacidad para adaptarse a las cargas y a las condiciones climáticas, lo que ayuda a minimizar los daños y prolongar la vida útil de la vía. (Hernán De Solminihac, 2018)

La estructura típica de un pavimento flexible consta de varias capas, que incluyen la capa de rodadura, la capa base, la subbase y, en algunos casos, la subrasante. Cada capa tiene un propósito específico y trabaja en conjunto para proporcionar resistencia, durabilidad y capacidad de carga al pavimento. (Hernán De Solminihac, 2018)

#### 4.10.2 Características y componentes clave de los pavimentos flexibles

- ❖ **La capa de rodadura:** Es la capa superior y está en contacto directo con los vehículos. Se compone generalmente de asfalto u otro material bituminoso, que ofrece una superficie lisa y resistente al desgaste. Esta capa se diseña para soportar las cargas de tráfico y proporcionar una conducción segura y cómoda.
- ❖ **La capa base:** ubicada debajo de la capa de rodadura, distribuye las cargas del tráfico de manera uniforme y proporciona resistencia estructural. Se compone de materiales granulares, como grava o piedra triturada, y su espesor se determina en función de las cargas esperadas y las características del suelo subyacente.
- ❖ **La subbase:** si está presente, se encuentra debajo de la capa base y tiene como función principal mejorar la capacidad de soporte y drenaje del pavimento. También se compone de materiales granulares y su espesor depende de las



condiciones del suelo y los requisitos de diseño.

- ❖ **La subrasante:** es la capa más profunda y se refiere al suelo natural o terreno existente. Su función es proporcionar soporte estructural al pavimento y debe tener la capacidad de soportar las cargas del tráfico y drenar adecuadamente el agua.

Los pavimentos flexibles son altamente adaptables y pueden resistir las deformaciones causadas por las cargas del tráfico y las variaciones climáticas, como las fluctuaciones de temperatura y las condiciones de humedad. Esto ayuda a minimizar los daños, como las grietas y los baches, y a prolongar la vida útil del pavimento, lo que resulta en una inversión más rentable a largo plazo. (Quintana, 2016)

## **5 METODOLOGÍA**

El diseño de una vía es un proceso esencial en la planificación y construcción de infraestructuras viales, esta tarea requiere de una metodología detallada y precisa para asegurar que la vía cumpla con los estándares de calidad, funcionalidad y seguridad necesarios.

La vía por rediseñarse tiene un ancho de calzada de 5 m y la cual posee una capa de rodadura de material granular con una infraestructura vial en mal estado que requiere mejoras significativas en sus condiciones de servicio.

Se propone el uso de materiales de mayor calidad para llevar a cabo mejoras en la capa superficial de la carretera, específicamente utilizando una carpeta asfáltica compuesta por material bituminoso. Por lo tanto, se plantea la siguiente metodología de trabajo:

### **5.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Se realiza un levantamiento topográfico preciso de 1.80 Km desde el ingreso al sector Poza del Cacao hasta la escuela de educación básica Germania Figueroa, utilizando

una estación total para obtener mediciones detalladas del terreno, tomando puntos cada 20 metros, asimismo, se ha empleado un sistema de posicionamiento global (GPS) para georreferenciar el proyecto y recopilar información sobre la topografía, la elevación del terreno y sus características.

El levantamiento topográfico ayuda en el diseño vial, ya que proporciona datos precisos y actualizados sobre el terreno existente. Esta información es esencial para realizar un análisis de las condiciones y características del entorno, permitiendo así desarrollar un diseño geométrico vial adecuado.

## **5.2 ESTUDIO DE TRÁFICO Y CAPACIDAD VIAL**

### **5.2.1 Conteo de tráfico**

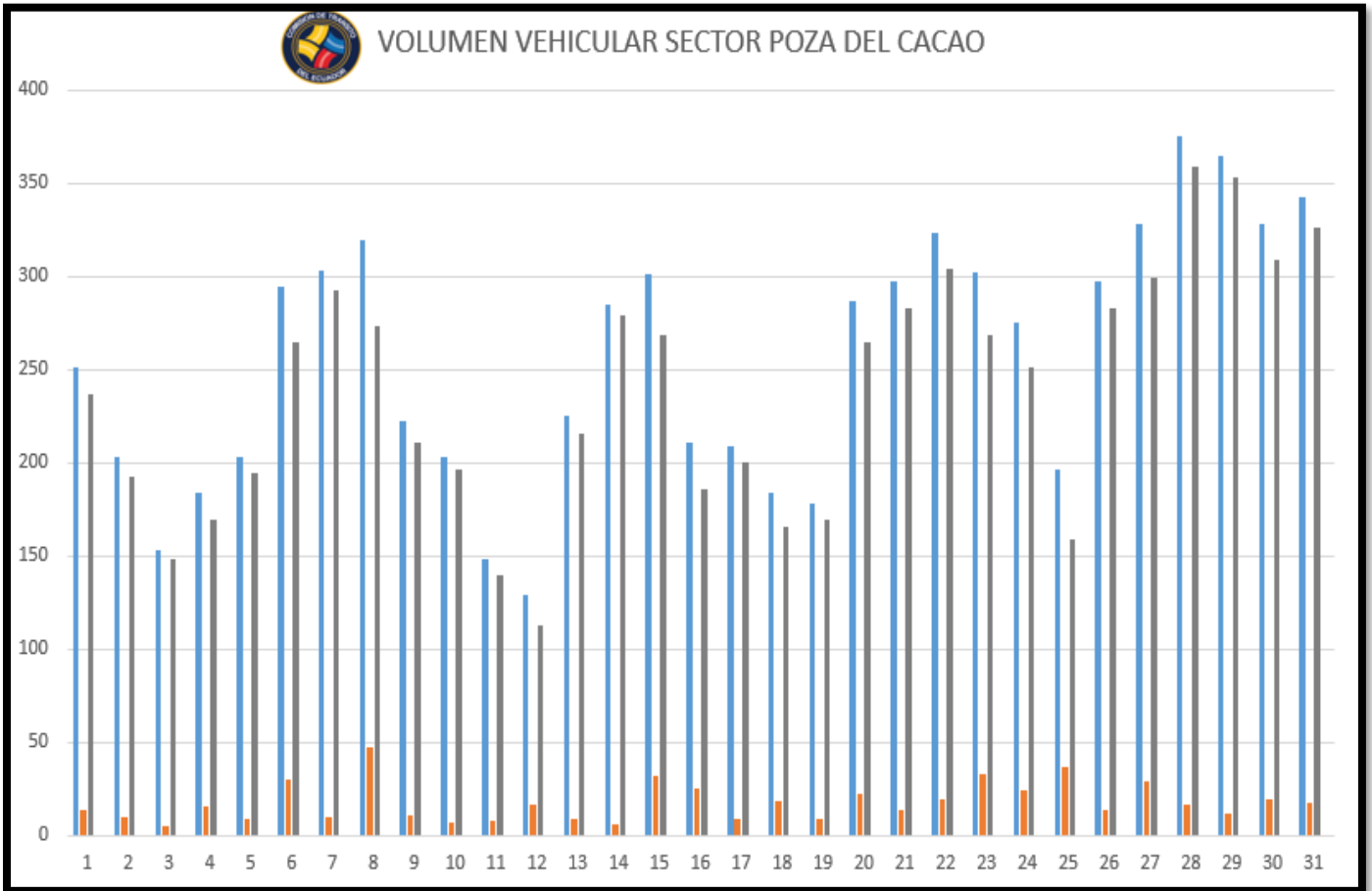
El conteo de tráfico se mide y registra la cantidad de vehículos o personas que pasan por un lugar específico durante un periodo de tiempo. Los métodos incluyen sensores de bucle inductivo, cámaras de video, sensores de radar y láser, contadores manuales y sistemas de detección remota. Los datos recopilados se analizan para obtener información sobre patrones de tráfico y mejorar la gestión de la movilidad urbana.

### **5.2.2 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)**

Las variaciones temporales en el TPDA son críticas para comprender los patrones de tráfico a lo largo del año. Factores como eventos climáticos, festividades y cambios estacionales pueden afectar significativamente la carga de tráfico.

Esta comprensión de las fluctuaciones temporales permite una planificación más efectiva de medidas de gestión de tráfico y ajustes en la infraestructura. En este caso se pudo obtener información de la CTE (Comisión de tránsito del Ecuador), donde se muestra a continuación un conteo automático del mes de octubre.

Grafica 3 Volumen vehicular del sector Poza del Cacao



Fuente: Comisión de tránsito del Ecuador

Tabla 11 Volumen vehicular del mes de octubre del año 2023 sector poza del cacao



Comisión de  
Tránsito  
del Ecuador

## VOLUMEN VEHICULAR

### SECTOR POZA DEL CACAO

FECHA	INGRESO	RETORNO	DIFERENCIA
1-oct	251	14	237
2-oct	203	10	193
3-oct	153	5	148
4-oct	184	15	169
5-oct	203	9	194
6-oct	295	30	265
7-oct	303	10	293
8-oct	320	47	273
9-oct	102	11	91
10-oct	112	7	105
11-oct	103	8	95
12-oct	105	16	89
13-oct	107	9	98
14-oct	118	6	112
15-oct	128	32	96
16-oct	211	25	186
17-oct	209	9	200
18-oct	184	18	166
19-oct	178	9	169
20-oct	287	22	265
21-oct	297	14	283
22-oct	323	19	304
23-oct	348	33	315
24-oct	347	24	323
25-oct	404	37	367
26-oct	398	14	384
27-oct	378	29	349
28-oct	375	16	359
29-oct	428	12	416
30-oct	328	19	309
31-oct	343	17	326

Fuente: Comisión de tránsito del Ecuador

### 5.2.3 Cálculo del promedio diario semanal (TPDS)

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

Donde:

$Dn$  = Días normales (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes)

$De$  = Días de feriado (sábado, domingo)

$m$  = Número de días que se realizó el conteo

$TPDS$  = 383 vehículos/día en ambos sentidos.

### 5.2.4 Factor de ajuste mensual (Fm)

Este factor se determina con el mes que se realizó el conteo en este caso en el mes de octubre.

*Ilustración 14 Factor de ajuste mensual*

MES	FACTOR
ENERO	1,07
FEBRERO	1,132
MARZO	1,085
ABRIL	1,093
MAYO	1,012
JUNIO	1,034
JULIO	1,982
AGOSTO	0,974
SEPTIEMBRE	0,923
OCTUBRE	0,931
NOVIEMBRE	0,953
DICIEMBRE	0,878

*Fuente: NEVI-12-MTOP, 2013*

Se empleará el factor correspondiente al mes de octubre, obteniendo como valor 0.931

### 5.2.5 Factor de ajuste diario

Estos valores se obtendrán a partir del conteo de la semana.

*Ilustración 15 Factor de ajuste diario*

Días	Conteo Diario TD = (Vehículos/Día)	% del conteo Diario TD/TPDS	Factor de Expansión FD=1/(TD/TPDS)
Lunes	348	0,91	1,10
Martes	347	0,91	1,10
Miércoles	404	1,06	0,95
Jueves	398	1,04	0,96
Viernes	378	0,99	1,01
Sábado	375	0,98	1,02
Domingo	428	1,12	0,89

*Fuente: Autores*

Logramos obtener que el factor en este caso es 4

Para la obtención del tránsito promedio diario anual (TPDA), se emplea la ecuación siguiente:

$$TPDA = TPDS * (fm) * (fd)$$

$$TPDA = 382 * 0.931 * 1$$

$$TPDA = 392 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda en ambos sentidos}$$

### 5.2.6 Tr\u00e1fico Diario

Con este dato se puede observar el volumen de veh\u00edculos en n per\u00edodo espec\u00edfico de a\u00f1os.

$$\text{Tr\u00e1fico asignado} = TPDA \text{ existente} + Tg$$

Donde:

$$TG = \text{Tr\u00e1fico generado} = 25\% TPDA \text{ existente}$$

$$\text{Tr\u00e1fico generado} = 0.25 * 392$$

$$TG = 98$$

Con el valor obtenido de tráfico generado, podemos realizar la proyección en 20 años.

*Ilustración 16 Cálculo de la composición del tráfico en la vía a intervenir*

TIPO DE VEHICULO	NÚMERO	%
LIVANOS	297	83
BUSES	0	0
PESADOS	95	17
TOTAL	392	100

*Fuente: Autores*

*Ilustración 17 Cálculo del tráfico asignado*

TIPO DE VEHICULO	NÚMERO	%
LIVANOS	374	83
BUSES	0	0
PESADOS	107	17
TOTAL	481	100

*Fuente: Autores*

### **5.2.7 Tráfico Proyectado**

Se llevó a cabo la proyección a lo largo de 20 años utilizando la fórmula siguiente:

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

Donde:

*Tf*: Tráfico futuro

*Ta*: Tráfico actual

*I*: Tasa de crecimiento

*N*: Número de años para el cual está diseñado el proyecto

Se usará las tablas de crecimiento vehicular tomadas del ministerio de Transporte y Obras Públicas, las cual se muestra en la siguiente tabla:

*Ilustración 18 Cálculo de crecimiento vehicular*

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

*Fuente: NEVI-12-MTOP, 2013*

Se llevó a cabo la planificación del trazado de proyección a largo plazo, abarcando un horizonte de 20 años a partir del 2024.

*Ilustración 19 Cálculo de trazado de proyección a 20 años*

AÑO	N	Tipo de Vehículo				Total
		Crecimiento %	Livianos	Crecimiento %	Pesados	
2024	0	3,37	374	2,02	107	481
2025	1	3,37	387	2,02	109	496
2026	2	3,37	400	2,02	111	511
2027	3	3,37	413	2,02	114	527
2028	4	3,37	427	2,02	116	543
2029	5	3,37	441	2,02	118	560
2030	6	3,37	456	2,02	121	577
2031	7	3,06	470	1,84	123	593
2032	8	3,06	485	1,84	125	610
2033	9	3,06	499	1,84	127	627
2034	10	3,06	515	1,84	130	645
2035	11	3,06	531	1,84	132	663
2036	12	3,06	547	1,84	135	681
2037	13	3,06	563	1,84	137	701
2038	14	3,06	581	1,84	140	720
2039	15	3,06	598	1,84	142	741
2040	16	3,06	617	1,84	145	762
2041	17	3,06	636	1,84	147	783
2042	18	3,06	655	1,84	150	805
2043	19	3,06	675	1,84	153	828
2044	20	3,06	696	1,84	156	852

*Fuente: Autores*



### **5.2.8 Clasificación actual de la vía**

La categoría de la carretera se realiza considerando los criterios establecidos por la norma de diseño geométrico del MTOP siendo una carretera de tercer grado (III).

### **5.3 ESTUDIO DE SUELOS**

Para los estudios de suelos se realizaron 3 calicatas ubicadas en el inicio, centro y final de la vía, para la obtención de las muestras de suelo se realizaron las calicatas a una profundidad de 1.50 m en donde se utilizó una excavadora manual, guantes, una barreta, pala, pico, sacos para guardar las muestras de suelo a ensayarse, y un flexómetro para verificar que la profundidad sea la adecuada.

Una vez realizada las excavaciones de las calicatas se procedió a observar los diferentes estratos de suelos, en donde se determinó un solo estrato de suelo en las 3 calicatas, identificados los estratos in situ y se procedió a la recolección del material para la realizar los ensayos de contenido de humedad, muestreo para agregados, granulometría, límites de Atterberg, Proctor y California Bearing Ratio.

#### **5.3.1 Ensayo de contenido de humedad**

Para realizar el ensayo de contenido de humedad se utilizaron los siguientes materiales una balanza, muestra del suelo de las calicatas, bolsas herméticas, tarros para colocar las muestras, un horno, espátulas para evitar tocar la muestra con las manos ya que hay que la muestra pierde humedad al contacto con las manos.

Se recolecto la muestra in situ y se guardó en bolsas herméticas las cuales impedía que la muestra perdiera su humedad natural, se procedió al ensayo el mismo día que se recolecto la muestra, en el cual utilizamos dos muestras de referencia en cada muestra que se obtuvo de las calicatas para colocarlas en tarros pequeños para pesarlas en la balanza para proceder a colocar las muestras en el horno a una temperatura constante de

110 °C, las cuales duraron 12 horas para poder determinar su pérdida de humedad y ver cuál es su peso en seco para así poder obtener el porcentaje de humedad del suelo natural.

*Ilustración 20 Muestras Obtenidas de las calicatas para ensayo de contenido de humedad natural*



*Fuente: Autores*

Fórmula para contenido de humedad de acuerdo con la norma ASTM D2216

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso humedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco} - \text{peso de tarro}} * 100$$

### Calicata 1:

Ilustración 21 Resultados del ensayo de contenido de humedad para la calicata 1

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº	Nº	PESO	PESO	PESO	%	%
TARRO	GOLPES	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD	PROMEDIO
L-7		89.50	86.70	51.40	7.93	
L-28		137.70	133.00	71.70	7.67	
						<b>7.80</b>

Fuente: Autores

### Calicata 2:

Ilustración 22 Resultados del ensayo de contenido de humedad para la calicata 2

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº	Nº	PESO	PESO	PESO	%	%
TARRO	GOLPES	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD	PROMEDIO
L-7		136.10	118.20	70.80	37.76	
L-28		118.10	105.20	72.40	39.33	
						<b>38.55</b>

Fuente: Autores

### Calicata 3:

Ilustración 23 Resultados del ensayo de contenido de humedad para la calicata 3

HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216)						
Nº	Nº	PESO	PESO	PESO	%	%
TARRO	GOLPES	HUMEDO	SECO	TARRO	DE HUMEDAD	PROMEDIO
L-7		111.70	101.70	66.50	28.41	
L-28		191.80	178.50	114.30	20.72	
						<b>24.56</b>

Fuente: Autores

### 5.3.2 Ensayo muestreo de los agregados

A continuación, se realizó el ensayo para muestreo de los agregados basado en la norma ASTM D75 para el cual se necesitó una muestra considerable de la muestra de suelos obtenida de las calicatas, una pala para el mezclado del material, un horno y bandejas para colocar las muestras.

Antes de realizar el ensayo granulométrico de la muestra se realizó el mezclado del material a ensayarse para lo cual, se tendió el material y se procedió a mezclarse de forma uniforme con la pala, para así dividirlo en cuatro partes iguales de las cuales solamente se escogió dos, para nuevamente mezclarlas lo más uniforme posible para otra vez volver a dividirlo en cuatro partes iguales, y volver a escoger dos partes las cuales se utilizarán para hacer el ensayo granulométrico del suelo, una vez contenidas las muestras para el ensayo granulométrico se las lleva al horno para el secado durante 14 horas, una vez cumplido el tiempo en el horno se procedió con el ensayo granulométrico.

*Ilustración 24 Aplicación del ensayo de muestreo de los agregados para ensayos de la calicata 1*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 25 Aplicación del ensayo de muestreo de los agregados para ensayos de la calicata 2*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 26 Aplicación del ensayo de muestreo de los agregados para ensayos de la calicata 3*



*Fuente: Autores*

### 5.3.3 Ensayo granulométrico

El ensayo de clasificación de suelos o mayormente conocido como granulometría de suelos, para este ensayo nos referenciamos con la norma ASTM D6913.

Para el ensayo se utilizaron las muestras secas anteriormente mencionadas, un cucharón, juegos de tamices, maquina tamizadora y una balanza.

Para la primera muestra obtenida de la calicata 1 se empleó una bandeja con un peso de 647.30 gr, y una muestra 1003.81 gr para el ensayo granulométrico por consiguiente se utilizó un juego de tamices, en donde se comenzó desde el tamiz 3/8” hasta el tamiz #200 más la bandeja puesto que por la capacidad de la maquina tamizadora se realizó el tamizado en dos tangas, con un intervalo de tiempo de 15 min cada una.

*Ilustración 27 Utilización de maquina tamizadora para ensayo granulométrico de los especímenes de las calicatas*



*Fuente: Autores*

Una vez terminado el tiempo de tamizado se procedió a realizar un tamizado manual de 2 min por cada tamiz antes de su respectivo pesaje con la balanza digital, una vez realizado el pesaje del contenido retenido en cada tamiz se procedió a separar el material pasante del tamiz #40 para la realización del ensayo de los límites de Atterberg,

*Ilustración 28 Pesaje de las cantidades retenidas en cada tamiz del espécimen de la calicata 1*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 29 Pesaje de las cantidades retenidas en cada tamiz del espécimen de la calicata 2*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 30 Pesaje de las cantidades retenidas en cada tamiz del espécimen de la calicata 2*



*Fuente: Autores*



Se continua con el análisis de datos del tamizado realizado para la calicata 1 se tiene:

$$\textit{Gravas} = 100 - 91 = 9\%$$

$$\textit{Finos} = 12 = 12\%$$

$$\textit{Arena} = 100 - 9 - 12 = 80\%$$

Una vez obtenido la granulometría se realiza la clasificación del suelo para el cual se basó en el sistema SUCS Y AASTHO:

De acuerdo con la clasificación SUCS se tiene como resultado un tipo de suelo clasificado como arena limosa (SM) y para la clasificación AASTHO se tiene como resultado un tipo de suelo A-3 cuyo significado es una arena fina.

Para el ensayo granulométrico de la calicata 2 y 3 se realizó el mismo procedimiento previamente mencionado en los cuales dan los siguientes resultados:

### **Calicata 2**

$$\textit{Gravas} = 100 - 95 = 5\%$$

$$\textit{Finos} = 16 = 16\%$$

$$\textit{Arena} = 100 - 5 - 16 = 78\%$$

La clasificación para la calicata 2 es la siguiente:

De acuerdo con la clasificación SUCS se tiene como resultado un tipo de suelo clasificado como arena limosa (SM) y para la clasificación AASTHO se tiene como resultado un tipo de suelo A-3 cuyo significado es una arena fina

### **Calicata 3**

$$\textit{Gravas} = 100 - 79 = 21\%$$

$$\textit{Finos} = 12 = 12\%$$

$$\textit{Arena} = 100 - 21 - 12 = 67\%$$

La clasificación para la calicata 3 es la siguiente:

De acuerdo con la clasificación SUCS se tiene como resultado un tipo de suelo clasificado como arena limosa (SM) y para la clasificación AASTHO se tiene como resultado un tipo de suelo A-3 cuyo significado es una arena fina.

#### **5.3.4 Ensayo límites de Atterberg**

Para el ensayo de límite líquido y límite plástico se empleó la normativa ASTM D4318 tanto para el límite líquido como para el límite plástico, de acuerdo con la granulometría previamente realizada para determinar la clasificación del suelo se determinó que en los tres especímenes ensayados dio una clasificación SUCS SM (arena limosa) por lo tanto es un suelo no plástico por consecuencia no se puede realizar los ensayos de límite líquido, así como tampoco los ensayos de límite plástico.

#### **5.3.5 Ensayo Proctor Modificado**

Para la realización del siguiente ensayo se tomó de referencia la normativa AASTHO T180, una vez analizado el tipo de suelo la normativa nos especifica que de acuerdo con el tipo de suelo que tenemos, tendremos que trabajar con el método B, por lo tanto, los materiales que utilizamos será un molde de 152.40 mm (6pulg) de diámetro, material pasante del tamiz de 4.75 mm (#4), tamiz #4, un pistón de 10 lbs y una altura de caída de 18 pulg, un horno, bandejas metálicas, espátulas, tarros y una balanza.

Para el procedimiento iniciamos secando al ambiente el material durante 24h una vez culminado el tiempo, cuando la muestra esté seca se procede a tamizar descartando todo el material que sea mayor que la malla número 4 luego se mezcla perfectamente la muestra escogida con agua suficiente hasta obtener una mezcla ligeramente húmeda que aún se desmorone cuando se suelte después de apretarla con las manos, luego pesar el molde dividiendo la muestra en el número de porciones requeridas que sean aproximadamente iguales una por cada capa que se vaya a usar, se emplean cinco capas tomamos el molde y se le adiciona el collar con el fin de evitar pérdida de material durante la compactación poniendo el material en el cilindro donde se irá compactando cada capa dando 56 golpes a cada una, el pisón metálico se deja caer a una altura de 18 pulgadas, después de la compactación se remueve el collar y se recorta cuidadosamente el suelo compactado que sobresalga en la parte superior del molde, pesamos el molde con el suelo húmedo se retira el suelo del molde y se toma dos porciones representativas a un nivel cercano al superior y otra de una parte próxima al fondo se toma la muestra representativa, se procede a pesarla y se la coloca en el horno por un tiempo mínimo de 12 horas terminado el tiempo en el horno se pesan las muestras secas.

Para la obtención del siguiente punto de la curva se aplica el procedimiento anterior con un contenido de agua en el suelo mayor y así sucesivamente hasta que disminuya o no haya cambios en la masa unitaria húmeda o hasta por lo menos hasta que se hayan obtenido cuatro puntos en la gráfica de compactación y luego se procede a realizar en una gráfica, los resultados obtenidos en las abscisas o eje X es donde se tendrán los diferentes contenidos de aguas resultantes y como ordenada o eje Y las densidades secas.

*Ilustración 31 Realización del ensayo Proctor modificado para espécimen de la calicata 1*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 32 Realización del ensayo Proctor modificado para espécimen de la calicata 2*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 33 Realización del ensayo Proctor modificado para espécimen de la calicata 3*



*Fuente: Autores*

### **Calicata 1**

Para la calicata 1 nos da como resultado una densidad seca de 1.641 Kg/m<sup>3</sup> y una humedad optima de 12,92%

### **Calicata 2**

Para la calicata 2 nos da como resultado una densidad seca de 1.557 Kg/m<sup>3</sup> y una humedad optima de 13,52 %

### **Calicata 3**

Para la calicata 3 nos da como resultado una densidad seca de 1.593 Kg/m<sup>3</sup> y una humedad optima de 12,76 %

### **5.3.6 Ensayo CBR**

Para la elaboración del ensayo de CBR se utilizó en la normativa AASHTO de T193-63, el ensayo de CBR se realiza usualmente sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptimo para un suelo específico, este método describe el procedimiento para determinar la relación de soporte del suelo de la subrasante, sub base y base, los equipos empleados fueron 9 moldes de diámetro 6 pulgadas con una altura de 7 pulgadas y un collarín de 2 pulgadas, un disco esparcidor, un pistón con un peso de 10 libras con una altura de caída 18 pulgadas, pesas de plomo anular de cinco libras, un horno, una balanza, papel filtro y una regleta metálica.

Se prepara el material extraído de las calicatas a una profundidad de 1,50 m calentándolo a 60 grados, una vez seco el material deberá ser tamizada por la malla #4 una vez obtenido el espécimen seco agregarle el porcentaje de humedad óptimo determinado por medio del ensayo de la compactación del Proctor modificado.

Para la elaboración de los especímenes se coloca el disco espaciador dentro del molde con su base y collar, sobre este un disco de papel filtro grueso del mismo diámetro del molde, una vez preparado el molde se compacta el espécimen en su interior aplicando un sistema dinámico de compactación del productor modificado pero utilizando en cada molde la proporción del agua de la humedad óptima obtenida, para la primera calicata se realiza 3 moldes con 5 capas cada molde, para el primer molde 12 golpes 25 golpes y 56 golpes, terminada la compactación se quite el collar y se en raza el espécimen por medio de un engrasador o cuchillo de hoja cualquier represión producida al eliminar partículas durezas durante el engrase se rellenará con material sobrante, se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido sin disco esparcidor colocando un papel filtro entre el molde y su base posteriormente se pesa y se realiza el mismo procedimiento con las siguientes calicatas.

Para la inmersión se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada y sobre ésta los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas del material que hayan de ir encima del suelo que se ensaya no aproximado de 5,5 libras correspondiente a una pesa.

A continuación se sumerge el molde en tanques o en una tina con la sobrecarga colocada dejando libre el acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra, se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas que son cuatro días con el nivel de agua aproximadamente constante, después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición se deja escurrir el molde durante 15 minutos a 30 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración.

Para el ensayo de penetración se empleó la maquina CBR/MARSHALL LOADER 5170 de la marca HUMBOLDT, donde esta utiliza pistón sección circular diámetro dos pulgadas para aplicar la carga con una prensa hidráulica con una velocidad de 0,05 pulgadas por minuto se aplica a una sobrecarga que sea suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento, se lleva el cilindro a la prensa y se coloca en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añade el resto de la sobrecarga hasta completar la que se utilizó en la inmersión, para medición de la penetración del pistón la maquina cuenta con un dial digital, y se procede a iniciar el test en el panel digital de la maquina y se procede a tomar la lectura de los datos

Una vez terminado el ensayo se retira el molde y se realiza el ensayo con el siguiente molde hasta completar los 9 moldes realizados para el ensayo de CBR.

*Ilustración 34 Inmersión de los cilindros para ensayo de penetración*



*Fuente: Autores*

### **Ensayo CBR para la calicata 1**

Como resultado del ensayo de Proctor modificado para la calicata 1 nos da una densidad máxima de 1.646 Kg/cm<sup>3</sup> como resultado tenemos un CBR con porcentaje de 18,01%.

### **Ensayo CBR para la calicata 2**

Como resultado del ensayo de Proctor modificado para la calicata 2 nos da una densidad máxima de 1.557 Kg/cm<sup>3</sup> como resultado tenemos un CBR con porcentaje de 18,27%.



### **Ensayo CBR para la calicata 3**

Como resultado del ensayo de Proctor modificado para la calicata 3 nos da una densidad máxima de 1.593 Kg/cm<sup>3</sup> como resultado tenemos un CBR con porcentaje de 18,30%.

#### **5.3.7 Selección del CBR de Diseño**

Para realizar esta selección, tomamos un valor percentil en concordancia a lo establecido por el instituto de asfalto.

*Ilustración 35 Límites Para la Selección de Resistencia*

<b>No. De ejes de 8,2 Ton en el carril de diseño Nt</b>	<b>Porcentaje para seleccionar para hallar la resistencia</b>
<10 <sup>4</sup>	60
10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup>	75
>10 <sup>6</sup>	90

*Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas, 2013*

Este proyecto arrojó un total de 205803.64 ejes en el carril de diseño, lo que conlleva a un valor percentil del 75% para su diseño.

### **5.4 DISEÑO GEOMÉTRICO**

Una vez obtenidos todos los datos del levantamiento topográfico se realizará el diseño geométrico de la vía mediante el software AutoCAD civil 3D y parámetros especificados en la norma, que incluye el trazado horizontal y vertical, determinando la alineación, curvas, pendientes y perfiles necesarios para garantizar la seguridad y eficiencia del tráfico. Diseñar las intersecciones y accesos de manera que cumplan con los estándares de seguridad y capacidad.

### 5.4.1 Diseño horizontal

- Velocidad de diseño

La velocidad de diseño tiene un impacto significativo en todos los cálculos relacionados con los elementos del diseño geométrico. Esta velocidad se determina considerando tanto la topografía como el flujo de tráfico. En el caso de terrenos llanos, se establece el TPDA del proyecto, definiéndose así la categoría de nuestra vía como de tercer orden.

Tabla 12 Velocidad de Diseño

CATEGORIA DE LA VIA	VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h			
	BASICA			
	RELIEVE LLANO			
	Para el cálculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal		Utilizada para el cálculo de los elementos de la sección transversal y otras dependientes de la velocidad	
	Recomendada	Absoluta	Recomendada	Absoluta
R-I o R-II	120	110	100	95
I	110	100	100	90
II	100	90	90	85
III	90	80	85	90
IV	80	60	80	60
V	60	50	60	50

Fuente: (NEVI-12-MTOP, 2013)

- Velocidad de circulación

La velocidad de tránsito se determina mediante la siguiente fórmula, siempre y cuando el TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual) no supere los 1000 vehículos.

$$V_c = 0,8 V_d + 6,5$$

$$V_c = 0,8 (90) + 6,5$$

$$V_c = 78,5 \text{ Km/h}$$

- Distancia de visibilidad

La fórmula de la Distancia de Visibilidad de Parada es una herramienta fundamental en el diseño de carreteras y vías de tránsito. Esta fórmula nos permite calcular la distancia necesaria que un conductor necesita para detener su vehículo de manera segura, en función de la velocidad del vehículo y de otros factores que afectan la visibilidad en la vía.

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

Donde:

$V$ : velocidad inicial, km/h.

$t$ : tiempo de percepción y reacción de 2,5 segundos.

$f$ : coeficiente de expresión longitudinal de la llanta y superficie de rodamiento.

$$f = \frac{1,15}{V^2}$$

$$f = \frac{1,15}{90^3}$$

$$f = 0,30$$

$$D = 0,278 (90)(2,5) + \frac{90^2}{254 * 0,30}$$

$$D = 62,55 + 106,30$$

$$D = 168,85 \text{ m}$$

- Distancia de visibilidad de adelantamiento

La determinación de la distancia mínima de adelantamiento en relación con la velocidad de proyecto es un aspecto crucial en el diseño de carreteras. En este caso, se ha

obtenido una distancia de adelantamiento mínima de 605 metros, utilizando como referencia la Tabla 13. Esta tabla proporciona valores específicos que permiten establecer la distancia necesaria para que un vehículo pueda adelantar de manera segura a otro, teniendo en cuenta la velocidad de proyecto. El cumplimiento de esta distancia mínima es esencial para garantizar la seguridad vial y prevenir accidentes en situaciones de adelantamiento.

Al utilizar la información de la Tabla 13, se asegura que la infraestructura vial cumpla con los estándares necesarios para brindar condiciones óptimas de circulación y seguridad para todos los conductores.

*Tabla 13 Distancia de Velocidad de Adelantamiento Para Carreteras Rurales de Dos Carriles*

VELOCIDAD DE SIÑO	VELOCIDADES Km/h		DISTANCIA MINIMA DE ADELANTAMIENTO
	vehículo que es rebasado	vehículo que rebasa	
30	29	44	220
40	39	51	285
50	44	59	345
60	51	66	410
70	59	74	480
80	65	80	540
<b>90</b>	<b>73</b>	<b>88</b>	<b>605</b>
100	79	94	670
110	85	100	730

*Fuente: AASHTO, A policy on Geometric Design of Highways and streets*

#### **5.4.2 Sección transversal**

De acuerdo con la clasificación, la vía que estamos analizando se encuentra dentro de la categoría de carretera Clase III – Absoluta. Esta clasificación se basa en varios factores, entre ellos el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) proyectado y las características topográficas. En el caso específico de esta vía, su TPDA se sitúa en el rango de 300 a 1000 vehículos proyectados, lo cual la ubica en la mencionada categoría.

Además, el terreno en el que se encuentra es plano, otro factor relevante en la clasificación.

La categorización de esta vía como Clase III – Absoluta nos proporciona información clave para el diseño y dimensionamiento adecuado de la infraestructura vial, asegurando que se cumplan los estándares necesarios para brindar una experiencia de conducción segura y eficiente.

## 5.5 DISEÑO DE PAVIMENTO

El diseño de pavimento flexible es crucial en la construcción de carreteras de tránsito estos pavimentos, compuestos por capas de materiales asfálticos, ofrecen resistencia a cargas, adaptabilidad al terreno y durabilidad. En este contexto, exploraremos los factores clave en el diseño, como la selección de materiales, el diseño estructural y consideraciones de tráfico y clima. Un adecuado diseño de pavimento flexible mejora la seguridad vial, reduce el desgaste vehicular y proporciona una experiencia de conducción cómoda.

### 5.5.1 Método AASHTO 93

El método AASHTO 93 es una herramienta clave en el diseño de pavimentos flexibles. Su enfoque en el número estructural SN y su ecuación de diseño permiten determinar el espesor adecuado de las capas de pavimento, asegurando la capacidad de soportar cargas y proporcionar una infraestructura vial confiable y duradera. La ecuación de diseño asociado a este método es la siguiente:

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_r * S_o + 9,36 * \log_{10} (SN + 1) - 0,20 \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1049}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 * \log_{10} Mr - 8,07$$

Donde:

$Wt_{18}$ : Cantidad de ciclos de carga equivalentes a 80 KN acumulados durante el período de diseño

$Z_r$ : Valor desviador en una curva de distribución normal en función de la confiabilidad del diseño  $\otimes$ .

$S_o$ : Desviación estándar del sistema.

$\Delta PSI$ : Perdida de serviciabilidad prevista en el diseño

$MR$ : Módulo resiliente de la subrasante y de las capas de la base y subbase granulares.

$SN$ : Número estructural o capacidad para la estructura de soportar cargas bajo las condiciones de diseño.

Para calcular los ejes equivalentes acumulados, se requiere cuantificar el número total de ejes equivalentes de 8,2 toneladas este valor nos permite cuantificar la carga total que el pavimento deberá soportar a lo largo de su vida útil.

*Tabla 14 Valores Propuesto para el Periodo de Análisis*

<b>TIPO DE CARRETERA</b>	<b>PERIODO DE ANALISIS (EN AÑOS)</b>
Urbana de alto volumen	30 - 50
Interurbana de alto volumen	20 - 50
<b>De bajo volumen</b>	
<b>Pavimentada con asfalto</b>	<b>15 - 25</b>
Con rodamiento sin tratamiento	10 - 20

American Association of State and Transportation Highway Officials, 1997


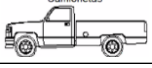

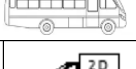




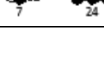
Se elige un período de diseño de 20 años, en línea con el rango recomendado para los períodos de evaluación. Esta elección garantiza que el diseño del proyecto sea

adecuado y se ajuste a las condiciones y requisitos esperados a lo largo de un período de tiempo significativo.

### 5.5.2 Cálculo de factor ESAL'S

Para el cálculo de ESAL'S se consideraron los pesos por eje y los coeficientes de carga se expresados en los anexos de la Guía de Diseño Estructural de Pavimentos AASHTO-93.

Ilustración 36 Número de Ejes Equivalentes Esal's Para el Periodo de Diseño

DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CAMIÓN (TF)															
$\sum EEi = \sum (TPDA * (Factor\ camion) * Fd * Fc * Fp)$															
Tipo de Vehículo	Ejes	Tipo de eje	Llanta	Carga por eje			Fórmulas	Fvp ò Fc	FCE	Cantidad TPDA	Nº Ejes	Fd	Fc	Fp	Nº de EE
				(Ton)	Kn	Kíp									
	1	Simple	Simple	0.82	8.041	1.808	$((Lss)/(6.6))^4$	0.000238	0.06	0	0	0.5	1	1	0.00
	2	Simple	Simple	3.28	32.166	7.231	$((Lss)/(6.6))^4$	0.060999			0				
	1	Simple	Simple	0.6	5.884	1.323	$((Lss)/(6.6))^4$	0.000068	0.02	82	82	0.5	1	1	0.72
	2	Simple	Simple	2.4	23.536	5.291	$((Lss)/(6.6))^4$	0.017485			82				
	1	Simple	Simple	0.4	3.923	0.882	$((Lss)/(6.6))^4$	0.000013	0.0035	292	292	0.5	1	1	0.51
	2	Simple	Simple	1.6	15.691	3.527	$((Lss)/(6.6))^4$	0.003454			292				
	1	Simple	Simple	2.49	24.419	5.489	$((Lss)/(6.6))^4$	0.020259	0.26	0	0	0.5	1	1	0.00
	2	Simple	Simple	4.62	45.307	10.185	$((Lss)/(6.6))^4$	0.240100			0				
2D 	1	Simple	Simple	3	29.420	6.614	$((Lss)/(6.6))^4$	0.042688	0.18	44	44	0.5	1	1	3.91
	2	Simple	Simple	4	39.227	8.818	$((Lss)/(6.6))^4$	0.134916			44				
2DA 	1	Simple	Simple	3	29.420	6.614	$((Lss)/(6.6))^4$	0.042688	0.57	63	63	0.5	1	1	18.07
	2	Simple	Doble	7	68.647	15.432	$((Lsd)/(8.2))^4$	0.531052			63				
2DB 	1	Simple	Simple	7	68.647	15.432	$((Lss)/(6.6))^4$	1.265367	4.50	0	0	0.5	1	1	0.00
	2	Simple	Doble	11	107.874	24.251	$((Lsd)/(8.2))^4$	3.238287			0				
3A 	1	Simple	Simple	7	68.647	15.432	$((Lss)/(6.6))^4$	1.265367	4.43	0	0	0.5	1	1	0.00
	2	Tandem	Doble	20	196.134	44.092	$((Lt)/(15))^4$	3.160494			0				
4C 	1	Simple	Simple	7	68.647	15.432	$((Lss)/(6.6))^4$	1.265367	2.45	0	0	0.5	1	1	0.00
	2	Tridem	Doble	24	235.361	52.910	$((Ltr)/(23))^4$	1.185588			0				
														$\sum EEi$	23.21
														FCA	24.30
														1 AÑO	365.00
														W18= Esals	205803.64

Fuente: Autores

### 5.5.3 Confiabilidad R

La Confiabilidad de Diseño es un aspecto crucial en el proceso de diseño de pavimentos, ya que establece una relación entre el rendimiento del pavimento y las influencias externas. La selección del valor de confiabilidad se basa en la clasificación funcional de la vía, teniendo en cuenta su importancia y nivel de servicio requerido.

Para la vía se opta por un valor de confiabilidad del 80%, considerando que la vía se encuentra en una zona rural. Esta elección refleja las características y condiciones particulares de la región, teniendo en cuenta factores como el nivel de tráfico y la disponibilidad de recursos para el mantenimiento del pavimento. El valor del 80% de confiabilidad asegura que el diseño del pavimento sea adecuado para satisfacer las necesidades de durabilidad y rendimiento esperadas en este contexto rural específico

*Tabla 15 Niveles Recomendados de Confiabilidad*

<b>CLASIFICACION DE LA VIA</b>	<b>URBANA</b>	<b>RURAL</b>
Autopista	85 - 99,9	80 - 99,9
Troncales	80 - 99	75 - 95
Locales	80 - 95	75 - 95
Ramales y vías agrícolas	50 - 80	50 - 80

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

### 5.5.4 Desviación estándar Zr

La determinación de la desviación estándar se realiza en función de la confiabilidad seleccionada y su valor correspondiente se puede consultar en la siguiente tabla. Esta desviación estándar es un parámetro importante en el diseño de pavimentos, ya que refleja la variabilidad de las cargas y otras influencias externas que afectan al pavimento a lo largo de su vida útil. Al consultar la tabla, se puede obtener el valor adecuado de desviación estándar que se ajuste a la confiabilidad requerida para el diseño



del pavimento. Esto garantiza que se tengan en cuenta las incertidumbres asociadas y se realice un diseño robusto y confiable.

*Tabla 16 Valores de Desviación Estándar*

<b>CONFIABILIDAD (R)</b>	<b>VALOR (Zr)</b>
50	0
60	0,235
70	0,524
75	0,674
80	0,841
85	1,037
90	1,282

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

Dado el nivel de confiabilidad seleccionado, en la tabla de valores de desviación estándar se encuentra que Zr equivale a 0,524.

#### **5.5.5 Desviación Estándar del Sistema 'So'**

La desviación estándar es un factor de diseño crucial que tiene en cuenta las circunstancias locales, incluyendo posibles fluctuaciones en el rendimiento del pavimento y las estimaciones de tráfico. En el caso del método de diseño AASHTO-93, se sugiere una desviación estándar recomendada de  $S_o = 0,45$ . Esta desviación estándar refleja la variabilidad esperada en las cargas y otras influencias externas que afectan al pavimento a lo largo de su vida útil. Al considerar esta recomendación, se garantiza que el diseño del pavimento sea resistente y confiable, teniendo en cuenta las incertidumbres asociadas a las condiciones locales.

### **5.5.6 Índice de serviciabilidad “ $\Delta PSI$ ”**

El factor de índice de serviciabilidad es una medida del nivel de comodidad que la superficie de rodadura proporciona una vez que se construye el pavimento. Este índice refleja la diferencia entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final del pavimento a lo largo de su vida útil.

Según el Método AASHTO-93, para un pavimento flexible, se utiliza un valor inicial de 4.2 y un valor final de 2.0 al final de su vida útil. Estos valores representan la calidad de la superficie de rodadura y su capacidad para ofrecer una experiencia de conducción cómoda a lo largo del tiempo.

Al seleccionar estos valores de índice de serviciabilidad, el diseño del pavimento se orienta hacia la creación de una superficie duradera y funcional que se mantenga adecuadamente a lo largo de su vida útil, proporcionando una experiencia de conducción confortable para los usuarios.

Es decir:

$$\Delta PSI = 4,2 - 2,00$$

$$\Delta PSI = 2.20$$

### **5.5.7 Módulo de Resiliente de la subrasante ‘ $M_r$ ’**

El Módulo Resiliente de la subrasante se define como el valor máximo en el cual el material deja de deformarse de manera plástica. En el Método de Diseño AASHTO-93, se sugiere utilizar la siguiente ecuación de correlación para el Índice de Resistencia California (CBR) del 25%. Esta ecuación proporciona una relación entre el CBR y el Módulo Resiliente, permitiendo estimar la capacidad de soporte de la subrasante en función del valor del CBR.

$$Mr = 3000 (CBR)^{0.65}$$

$$Mr = 3000 (19)^{0.65}$$

$$Mr = 20338,133 \text{ psi}$$

### 5.5.8 Determinación de coeficientes estructurales

Para el calcular de los espesores de las capas que conforman el pavimento, utilizamos la siguiente fórmula:

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

Donde:

$a_1, a_2, a_3$  = Coeficientes estructurales de la carpeta base y subbase respectivamente.

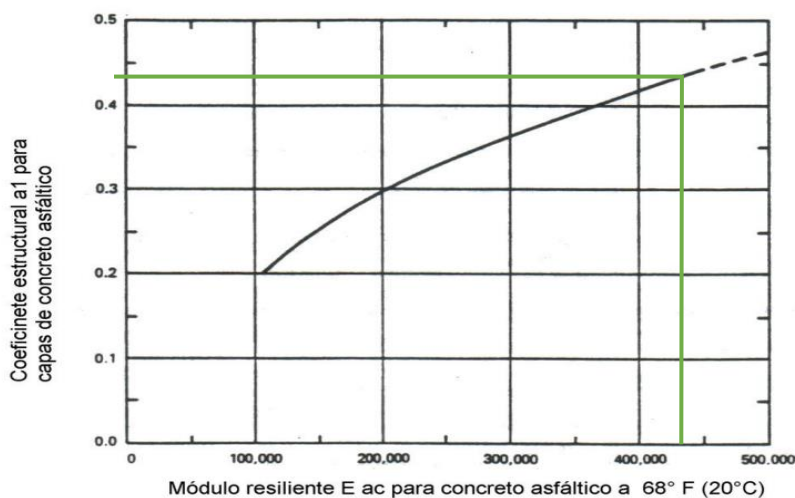
$D_1, D_2, D_3$  = Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente.

$M_2, M_3$  = Coeficiente de drenaje para la base y subbase respectivamente.

- Coeficiente Estructural de la carpeta asfáltica.

Para el cálculo del coeficiente estructural de la carpeta de rodadura trabajamos con el valor del módulo de elasticidad del concreto asfáltico de  $3000 \text{ Mpa} = 435000 \text{ lb/pulg}^2$  a  $20^\circ\text{C}$ .

Grafica 4 Determinación del coeficiente estructural de capas asfálticas en función del módulo resiliente



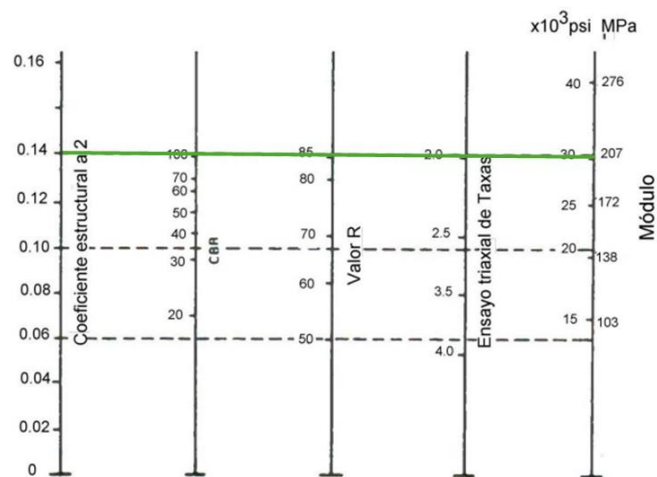
Fuente: American Association of State and Transportation Highway Officials, 1997

Según se muestra en la gráfica, en este diseño, el coeficiente estructural de la capa de mezcla asfáltica se establece en 0,44. Este coeficiente es un parámetro importante que representa la capacidad de la capa de mezcla asfáltica para resistir las cargas y contribuir a la estructura del pavimento. Al seleccionar un coeficiente estructural adecuado, se garantiza que la capa de mezcla asfáltica cumpla con los requisitos de durabilidad y resistencia necesarios para un rendimiento óptimo del pavimento.

- Coeficientes Estructural de la capa base.

Dentro de las especificaciones generales del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), en la sección 404, se establece que la capa base del pavimento debe tener un valor de soporte CBR igual o superior al 80%. Para calcular el módulo resiliente de la base granular, utilizaremos la información proporcionada en la gráfica

Grafica 5 Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes



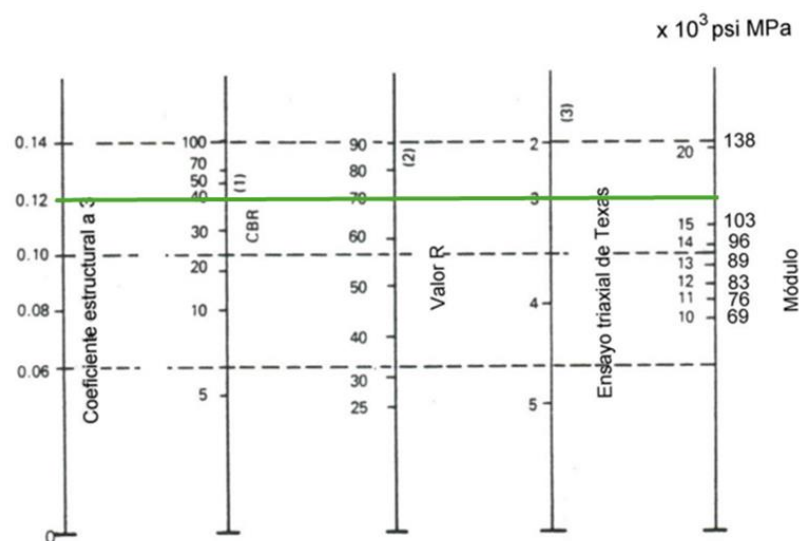
. Fuente: American Association of State and Transportation Highway Officials, 1997

Para el diseño se escogió un índice de CBR del 100%, así se obtuvo el módulo de elasticidad de la base (Eb) en 30,000 psi, y el coeficiente estructural de la capa (a2) se establece en 0,14 psi.

- Coeficiente estructural de la capa Sub-base

De acuerdo con las especificaciones generales del MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas), en la sección 404, se establece que la capa sub-base del pavimento debe tener un valor de soporte CBR igual o superior al 30%. Para calcular el módulo resiliente de la sub-base granular, utilizaremos la información proporcionada en la gráfica.

Grafica 6 Relación entre el coeficiente estructural para subbase granular y distintos parámetros resistentes.



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

Para el diseño de subbase se consideró un CBR del 40% se obtienen los siguientes valores: el módulo de elasticidad de la sub-base (Esb) se estima en 17.500 psi, y el coeficiente estructural de la capa (a3) se establece en 0,12 psi.

### 5.5.9 Factores de drenaje 'Cd'

El Método AASHTO 93 presenta un sistema que permite ajustar los coeficientes estructurales teniendo en cuenta la calidad de drenaje del pavimento. Según este método, se asume un tiempo de drenaje de 1 semana para la subbase, lo que la clasifica como un drenaje bueno de acuerdo con lo indicado en la tabla.

*Tabla 17 Características de Drenaje del Material de Base y/o Sub-base*

<b>CALIDAD DE DRENAJE</b>	<b>TIEMPO RECOMENDADO DE SALIDA DEL AGUA</b>			
EXCELENTE	2 HORAS			
BUENO	1 DIA			
<b>REGULAR</b>	<b>1 SEMANA</b>			
MALO	1 MES			
MUY MALO	NO DRENA			

<b>CALIDAD DE DRENAJE</b>	<b>Porcentaje de tiempo con la estructura expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación</b>			
	<b>Menor a 1%</b>	<b>1% a 5%</b>	<b>5% a 25%</b>	<b>Mayor a 25%</b>
EXCELENTE	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1.20
BUENO	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1.00
REGULAR	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	<b>0.80</b>
MALO	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0.60
MUY MALO	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0.40

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

Considerar la calidad de drenaje es fundamental en el diseño del pavimento, ya que un drenaje adecuado ayuda a prevenir la acumulación de agua y el deterioro del pavimento. Al clasificar el tiempo de drenaje de la subbase como bueno, se ajustan los coeficientes estructurales de manera apropiada para garantizar una respuesta y desempeño óptimos del pavimento con relación a las condiciones de drenaje.

Después, calculamos el porcentaje del tiempo en el cual la estructura estará expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación. Esto nos brinda un factor de drenaje de 0.80 para las capas de base y sub-base en este diseño.

### 5.5.10 Cálculo de Número estructural.

Una vez realizados los cálculos previos mencionados, procedemos a calcular el número estructural SN que se proyecta para W18, utilizando la ecuación general correspondiente.

El número estructural SN es una medida de la capacidad estructural de un pavimento para soportar las cargas del tráfico a lo largo de su vida útil. Se utiliza para evaluar la resistencia y durabilidad del pavimento y determinar su espesor adecuado.

La ecuación general para el cálculo del número estructural SN se basa en factores como el tipo de material utilizado en cada capa del pavimento, una vez que se tienen los datos necesarios, se aplica la ecuación general para calcular el número estructural SN. Este valor determinará si el espesor del pavimento es suficiente para soportar las cargas del tráfico previsto y cumplir con los requisitos de durabilidad y vida útil del pavimento.

*Ilustración 37 Cálculo de Número Estructural*

So	ΔPSI:
0.45	2.20
Confiabilidad:	Mr (lb/pulg2):
80% ▼	20338.13
Zr:	Calcular
-0.841	<b>Calcular</b>
W18:	SN:
205803.64	1.67

*Fuente: Autores*

### 5.5.11 Espesores calculados para diseño

- **Espesor para la capa de rodadura de la vía**

$$SN_1 = a1 * D1$$

$$D1 = \frac{SN_1}{a1}$$

De acuerdo con la graficas nos va un valor para  $SN_1$  de 1.4

$$D1 = \frac{1.4}{0.44} = 3.18 \text{ pulg}$$

$$D1 = 4 \text{ pulg}$$

Por temas de costos el método ASTHOO-93 nos proporciona una tabla donde se expresan los espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular de acuerdo con el número de ESAL'S, por lo tanto, en este caso se utilizará una capa asfáltica de 2.5 pulg.

*Tabla 18 Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular*

Número de ESALs	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 15,000	2	4
150,000 - 500,000	2.5	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.5	6
Más de 7,000,000	4	6

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

$$SN_1 \text{ Corregido} = 0.44 * 2.5 = 1.1$$

- **Espesor para la capa base de la vía**

$$SN_2 = SN_2 - SN_1$$

$$SN_2 = a2 * D2 * m2$$

$$D2 = \frac{SN_2}{a2 * m2}$$

De acuerdo con la graficas nos va un valor para  $SN_2$  igual a 1.5



$$SN_2 = 1.5 - 1.1 = 0.4$$

$$D2 = \frac{0.4}{0.14 * 0.8} = 3.57 \text{ pulg}$$

$$D2 = 4 \text{ pulg}$$

Para la capa base se calculó un espesor requerido de 4 pulgadas

$$SN_2 \text{ Corregido} = 0.14 * 4 * 0.8 = 0.448$$

- **Espesor para la capa de la sub-base de la vía**

$$SN_3 = SN_3 - (SN_2 + SN_1)$$

$$SN_3 = a3 * D3 * m3$$

$$D3 = \frac{SN_3}{a3 * m3}$$

De acuerdo con la graficas nos va un valor para  $SN_2$  igual a 1.9

$$SN_3 = 1.9 - (1.1 + 0.448) = 0.35$$

$$D3 = \frac{0.35}{0.12 * 0.8} = 3.67 \text{ pulg}$$

$$D3 = 4 \text{ pulg}$$

Para la capa de la sub-base se calculó un espesor requerido de 4 pulgadas

$$SN_3 \text{ Corregido} = 0.12 * 4 * 0.8 = 0.384$$

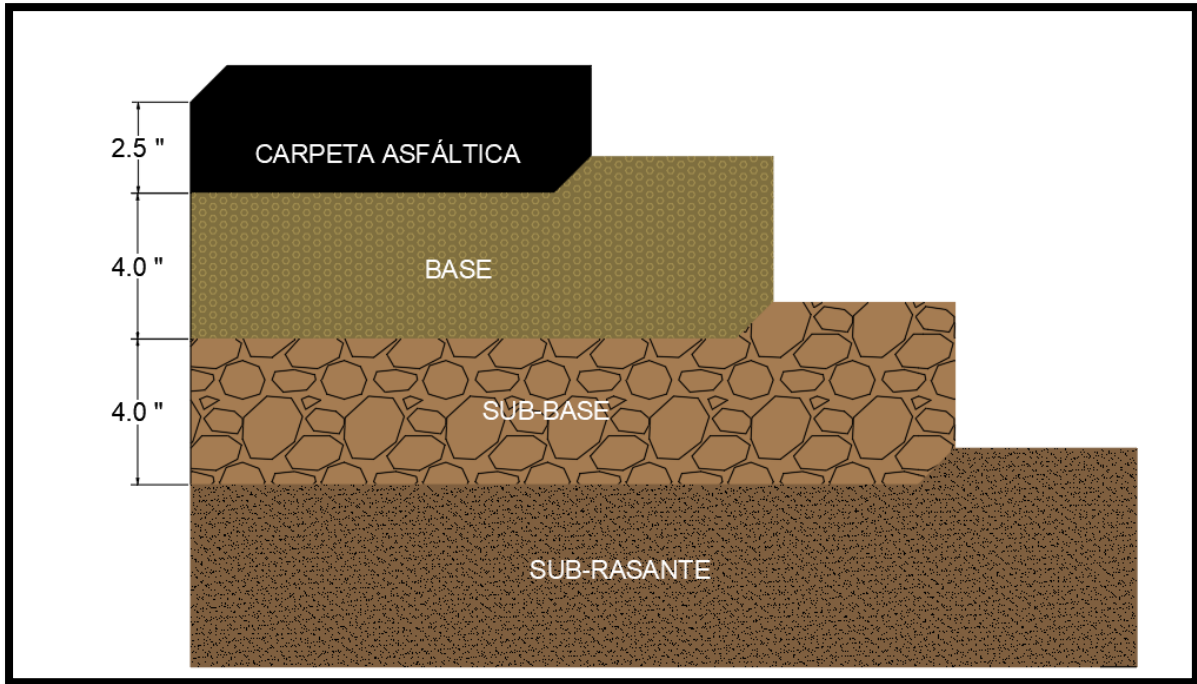
- **Comprobación de espesores**

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN_{TOTAL}$$

$$1.1 + 0.448 + 0.384 \geq 1.67$$

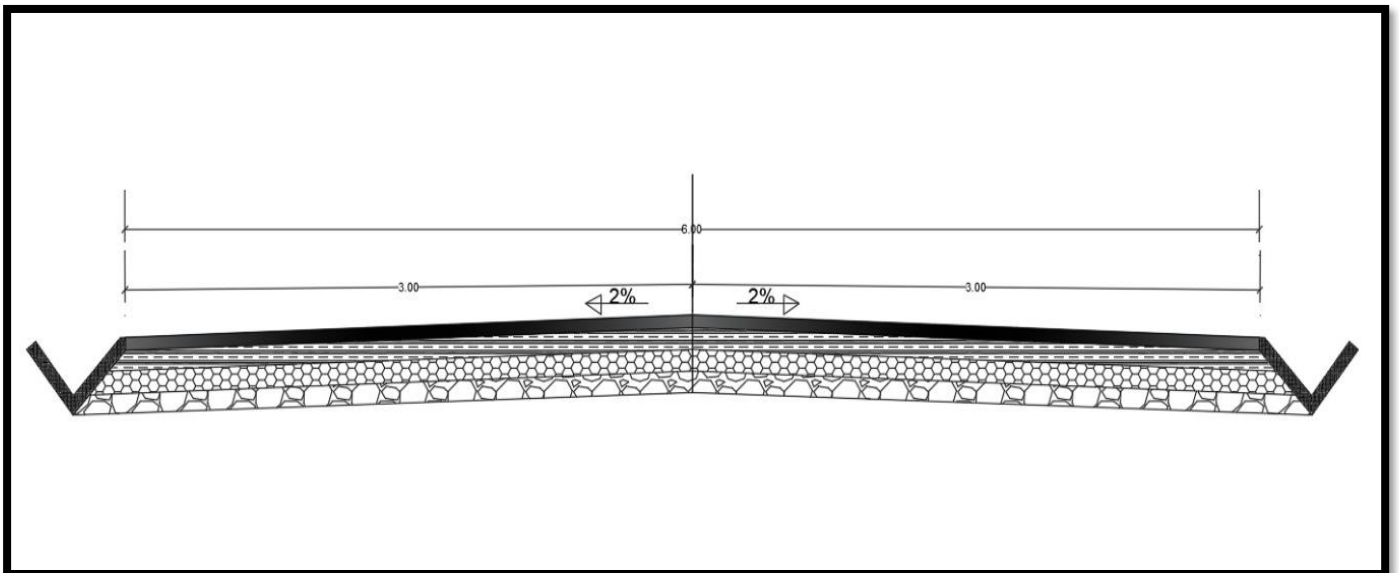
$$1.932 \geq 1.67 \text{ SI CUMPLE}$$

Ilustración 38 Espesores calculados para la vía



Fuente: Autores

Ilustración 39 Sección Típica Propuesta de la vía



Fuente: Autores

## 6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para abordar adecuadamente este proyecto, se aplicó una metodología integral basada en normas técnicas mencionadas anteriormente que ayudaron para la realización de diversos estudios y análisis técnicos necesarios. Entre los aspectos más destacados de los resultados obtenidos se encuentran:

### 6.1 Topografía

El terreno es efectivamente llano, y este hallazgo respalda la clasificación inicial de topografía llana según la referencia de la MTOP. La integración de distintas fuentes de información contribuye a una evaluación más precisa y confiable de las características del terreno para el diseño vial.

### 6.2 Estudio de tráfico

Los cálculos realizados para determinar el TPDA nos determinó que ambos sentidos de la vía van a pasar 392 vehículos/día con un crecimiento anual de 98 vehículos dándonos como resultado una vía de tercer grado.

### 6.3 Estudios de suelos

En los ensayos realizados se determinaron los siguientes datos:

*Ilustración 40 Análisis de estudios de suelos*

ANÁLISIS DE ESTUDIOS DE SUELOS			
ENSAYOS	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
Tipo de suelo	Arena limosa (SM)		
Humedad natural	7,38%	38,55%	24,56%
Límites de Atterberg	Sin plasticidad	Sin plasticidad	Sin plasticidad
Humedad Optima	12,92%	13,53%	12,76%
Porcentaje de CBR	18,01%	18,27%	18,30%

*Fuente: Autores*

Donde se pudo determinar que el tipo de suelo es una arena limosa (SM), la cual no cuenta con plasticidad por lo que es arena, tiene una humedad natural promedio de 33,89%, también se determinó su humedad optima promedio la cual es de 13,07% y un porcentaje promedio de CBR del 18,20%

#### **6.4 Diseño Geométrico**

Se propuso un diseño vial alternativo con el objetivo de mejorar las condiciones de la vía existente. Se identificó que las curvas presentes en la vía actual no eran favorables, puesto que, por su trazada, visibilidad y capacidad de maniobra no contaba con los parámetros establecidos por la normativa, estas curvas podrían representar riesgos para la seguridad vial y dificultades para el tráfico fluido.

Esta propuesta se basa en mejorar la seguridad y el flujo vehicular en la vía, al eliminar las curvas desfavorables y reemplazarlas por 2 nuevas curvas una con radio de 500 m y la otra de 210 de radio además de agrandar la calzada de la vía a 7 m de ancho, consiguiendo así dos carriles de 3,5 m de ida y 3,5 para el carril de retorno, cabe mencionar que para el diseño no se realizó el desarrollo verticalmente, debido a el terreno es llano por lo tanto no hay pendientes relevantes, ya que sus elevaciones mínimas y máximas son mínimas.

#### **6.5 Diseño de pavimento**

Para el diseño de pavimento se determinó que, para la capa de rodadura, la cual es la capa que está en contacto directo con los vehículos, se requiere un espesor de 2,5 pulgadas. Este espesor proporciona la resistencia necesaria para soportar las cargas del tráfico y garantizar una superficie duradera y resistente al desgaste.

Para la capa base, que se encuentra debajo de la capa base, se determinó que se necesita un espesor de 4 pulgadas. Esta capa tiene la función de distribuir las cargas del tráfico de manera uniforme, proporcionando estabilidad y resistencia estructural al pavimento.

Por último, se estableció un espesor de 4 pulgadas para la capa de sub-base, que se sitúa debajo de la capa base. La sub-base tiene como objetivo mejorar el soporte y el drenaje del pavimento, contribuyendo a su estabilidad y prolongando su vida útil.

## **7 CONCLUSIONES**

Como conclusión tenemos, que en el presente proyecto técnico el cual cuenta con una longitud total de 1.800 Km y una capa de rodadura de material granular en estado deplorable lo cual conlleva a que los moradores del sector tengan una dificultad en la movilidad, calidad de vida y bienestar social de calidad entre otros aspectos por lo tanto, con este proyecto se logró cumplir de manera exitosa con su objetivo de diseñar la vía que conecta el ingreso al sector Poza del Cacao hasta la escuela de Educación Básica Germania Figueroa, ubicada en el cantón Salitre de la provincia de Guayas, Ecuador.

Se realizó correctamente el levantamiento topográfico completo del tramo vial, obteniendo datos precisos sobre la topografía, elevaciones y características del terreno donde se determinó un tipo de terreno llano. El estudio de tráfico permitió determinar adecuadamente las características del flujo vehicular actual y futuro dando un TPDA futuro de 852, clasificando la vía como una de tipo III.

Los estudios de suelos se obtuvieron datos valiosos como el tipo de suelo el cual es una arena limosa (SM) su humedad optima promedio de 33,89%, también se determinó su humedad optima promedio la cual es de 13,07% y un porcentaje promedio de CBR del 18,20% permitiendo realizar un diseño acorde a las condiciones del terreno.

Este enfoque permitió que diseño geométrico cumpliera con los estándares de calidad y seguridad requeridos, considerando 2 nuevas curvas realizando una calzada de la vía a 7 m de ancho, consiguiendo así dos carriles de 3,5 m de ida y 3,5 para el carril de retorno.

Así como el diseño estructural del pavimento flexible garantiza espesores adecuados para la capa de rodadura de 2,5 pulg, para la capa base un espesor de 4 pulgadas, y para la capa de la sub-base un espesor de 4 pulgadas, que aseguran la resistencia, durabilidad y vida útil requerida para la vía.

De esta forma, el proyecto beneficiará significativamente a los moradores del sector a través de una vía confiable, funcional y segura; impulsando factores como el acceso a servicios básicos, el desarrollo económico local y la calidad de vida de la comunidad.

## **8 RECOMENDACIONES**

Como algunas recomendaciones tenemos realizar un plan de mantenimiento preventivo para la nueva vía, con el fin de garantizar su óptimo funcionamiento y vida útil. Esto incluye actividades de control de daños, reparación de áreas afectadas y repavimentación parcial cuando sea necesario.

Implementar medidas de señalizaciones e iluminaciones adecuadas que mejoren la seguridad vial, incluyendo señales preventivas, directivas y restrictivas de acuerdo con el manual de diseño vial.

Se recomienda hacer una evaluación del impacto ambiental detallado de la zona para evaluar y mitigar los efectos del proyecto en el entorno natural y cultural, cumpliendo con todas las regulaciones ambientales.

Fomentar la participación de la comunidad en la planificación y el mantenimiento de la vía de asfalto para asegurar su sostenibilidad y éxito a largo plazo, implementando sistemas de monitoreo a lo largo de la vía de asfalto para evaluar y abordar cualquier impacto negativo sobre la vía.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Autodesk. (11 de marzo de 2020). *Autodesk* . Obtenido de ¿Qué es AutoCAD Civil 3D?: <https://www.autodeskjournal.com/que-es-autocad-civil-3d/>
- Autodesk. (s.f.). *Google*. Obtenido de Planificación, diseño y construcción de carreteras duraderas: <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/pdf/fy23-road-highway-agencies-ebook-es.pdf>
- Bowles, J. E. (1961). *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil 1ra Edición*.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Séptima edición*.
- Felices, A. R. (2013). *Introducción a la Hidráulica de las Obras Viales 3ra Edición*.
- Fernández, R. (2011). *Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular 1ra Edición*.
- Fred L. Mannering, S. S. (2008). *Principios de Diseño de Carreteras 4ta edición*.
- Grisales, J. C. (s.f.). *Diseño Geométrico De Carreteras 1ra Edición*.
- Hernán De Solminihac, T. E. (2018). *GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL*.
- Jacinto Santamaría, T. S. (2005). *Manual de Prácticas de Topografía y Cartografía 1ra Edición*.
- Kraemer, C. (2004). *Ingeniería De Carreteras Vol.2*.
- Lázares, W. G. (2018). *Mecánica de Suelos Aplicada a Vías de Transporte*.
- Luis Bañón, J. F. (2000). *Manual de Carreteras Vol. 2*.
- Morales, I. W. (2015). *Texto básico autoinformativo de topografía general* . Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria.
- MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico*. Quito: Ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador.
- Nevi-12-MTOP, N. E. (2013). *Volumen No. 1 – procedimientos para proyectos viales*. Obtenido de [https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013\\_Manual\\_NEVI-12\\_VOLUMEN\\_1.pdf](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_1.pdf)
- Nevi-12-MTOP, N. E. (2013). *Volumen No. 2 – libro a norma para estudios y diseños viales*.

Nieto, L. M. (2008). *Mecánica de Suelos 1ra Edición*.

Officials, A. A. (s.f.). *AASTHO T-180*.

Pardillo, C. K. (2015). *Ingeniería De Carreteras Vol.1*.

Quintana, H. A. (2016). *Pavimentos: materiales, construcción y diseño* . Bogota: Ecoe Ediciones.

Robinson, G. W. (1960). *Los Suelos: Su Origen, Constitución y Clasificación 1ra Edición*.

Rodríguez, E. J. (2019). *Mecánica de Suelos: Flujo de Agua en Suelos Tomo 3 2da Edición*.

Rufino, A. S. (s.f.). *Carreteras 1ra Edición*. 2004.

Rurales, I. d. (2004). *Gordon Keller, James Sherar*.



## 10 ANEXOS FOTOGRÁFICOS

*Ilustración 41 Excavación manual de la calicata 1*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 42 Medición de la profundidad de la calicata 1*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 43 Excavación manual de la calicata 2*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 44 Medición de la profundidad de la calicata 2*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 45 Excavación manual de la calicata 3*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 46 Medición de la profundidad de la calicata 3*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 47 Pesaje de una de las muestras para el contenido de humedad para la calicata 1*



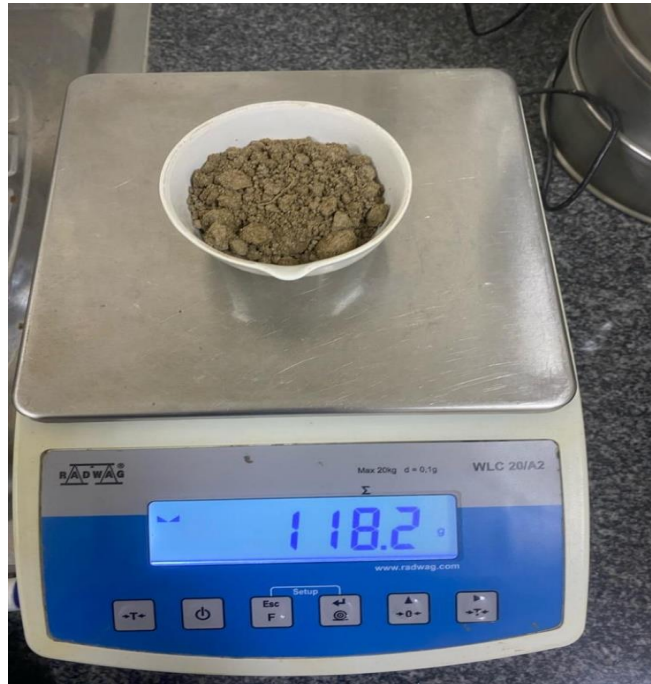
*Fuente: Autores*

*Ilustración 48 Pesaje de una de las muestras para el contenido de humedad para la calicata 2*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 49 Pesaje de una de las muestras para el contenido de humedad para la calicata 3*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 50 Limpieza de tamices para aplicación del ensayo granulométrico*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 51 Secado de las muestras obtenidas de las calicatas al aire para estudios de suelos*



*Fuente: Autores*

Ilustración 52 Resultados del ensayo granulométrico para la calicata 1

GRANULOMETRÍA (ASTM D6913)				
TAMIZ	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	15,30	15,30	2	98
N°4	70,40	85,70	9	91
N°8	97,50	183,20	18	82
N°10	53,25	236,45	24	76
N°12	25,10	261,55	26	74
N°20	90,90	352,45	35	65
N°30	47,50	399,95	40	60
N°40	56,40	456,35	45	55
N°50	101,25	557,60	56	44
N°80	132,20	689,80	69	31
N°100	100,25	790,05	79	21
N°200	96,30	886,35	88	12
BANDEJA	117,46	1.003,81	100	0
			0	
<b>TOTAL</b>	<b>1.003,81</b>	<b>5.918,56</b>	<b>589,61</b>	<b>710,39</b>

Tara 647,3  
T. +Suelo 1729,40 CUARTEO(PESO)  
P. HUM. **1082,10** P. SECO **1003,81** grms  
DESPUES **1.003,81** grms

<b>GRAVA</b>	9 %	<b>ARENA</b>	80 %	<b>FINOS</b>	12 %
--------------	-----	--------------	------	--------------	------

Fuente: Autores

Ilustración 53 Resultados del ensayo granulométrico para la calicata 2

GRANULOMETRÍA (ASTM D6913)				
TAMIZ	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	23.60	23.60	3	97
N°4	24.80	48.40	5	95
N°8	37.80	86.20	9	91
N°10	17.60	103.80	11	89
N°12	10.50	114.30	12	88
N°20	50.20	164.50	18	82
N°30	21.50	186.00	20	80
N°40	23.30	209.30	23	77
N°50	28.60	237.90	26	74
N°80	222.40	460.30	50	50
N°100	78.58	538.88	59	41
N°200	228.90	767.78	84	16
BANDEJA	150.90	918.68	100	0
			0	
<b>TOTAL</b>	<b>918.68</b>	<b>3,859.64</b>	<b>420.13</b>	<b>879.87</b>

Tara 624.9  
T. +Suelo 1897.70 CUARTEO(PESO)  
P. HUM. **1272.80** P. SECO **918.68** grms  
DESPUES **918.68** grms

<b>GRAVA</b>	5 %	<b>ARENA</b>	78 %	<b>FINOS</b>	16 %
--------------	-----	--------------	------	--------------	------

Fuente: Autores



Ilustración 54 Resultados del ensayo granulométrico para la calicata 3

GRANULOMETRÍA (ASTM D6913)				
TAMIZ	PESO RET. PARCIAL	PESO RET. ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
3/8"	125.90	125.90	8	92
N°4	226.90	352.80	21	79
N°8	201.20	554.00	33	67
N°10	65.60	619.60	37	63
N°12	41.90	661.50	40	60
N°20	185.30	846.80	51	49
N°30	57.60	904.40	54	46
N°40	55.70	960.10	58	42
N°50	61.32	1,021.42	61	39
N°80	122.90	1,144.32	69	31
N°100	152.60	1,296.92	78	22
N°200	169.80	1,466.72	88	12
BANDEJA	202.80	1,669.52	100	0
			0	
<b>TOTAL</b>	<b>1,669.52</b>	<b>11,624.00</b>	<b>696.25</b>	<b>603.75</b>

Tara 628.3  
T. +Suelo 2707.90 CUARTEO(PESO)  
P. HUM. **2079.60** P. SECO **1669.52** grms  
DESPUES **1,669.52** grms

<b>GRAVA</b>	21 %	<b>ARENA</b>	67 %	<b>FINOS</b>	12 %
--------------	------	--------------	------	--------------	------

Fuente: Autores

*Ilustración 55 Preparación de la muestra para pesaje del espécimen de la calicata 1*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 56 Preparación de la muestra para pesaje del espécimen de la calicata 2*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 57 Preparación de la muestra para pesaje del espécimen de la calicata 3*



*Fuente: Autores*

Ilustración 58 Resultados del ensayo de Proctor modificado para la calicata 1

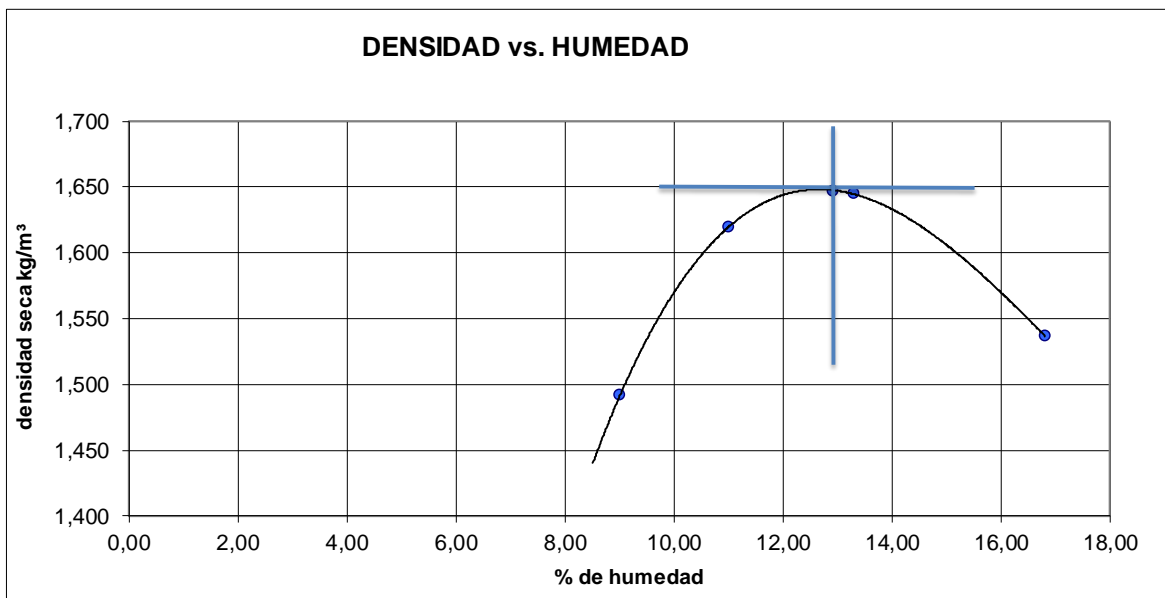
Molde No.	6	pulgadas	Masa martillo	10,0 lbs.				
Volúmen	3.243	cm <sup>3</sup>	Altura caída	18 pulg.				
Masa	4.226	gramos	No. de capas	5				
			No. de golpes por cap	56				
COMPACTACION TIPO D								
MUESTRA N°	1	2	3	4				
MASA DE MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	9501	10057	10272	10047				
MASA SUELO HUMEDO (gr)	1,627	1,798	1,864	1,795				
DENSIDAD SECA	<b>1,492</b>	<b>1,620</b>	<b>1,645</b>	<b>1,537</b>				
% DE HUMEDAD								
TARRO N°	I4	A40	A6	A37	A16	A99	A80	A35
PESO HÚMEDO + TARRO (gr)	40,90	35,30	38,10	39,90	36,60	40,50	40,20	40,40
PESO SECO + TARRO (gr)	38,50	33,60	35,80	37,30	33,80	37,50	36,60	36,70
PESO TARRO (gr)	13,20	13,7	14,00	14,60	13,90	13,60	15,90	13,90
% DE HUMEDAD	9,49	8,54	10,55	11,45	14,07	12,55	17,39	16,23
PROMEDIO % HUMEDAD	<b>9,01</b>		<b>11,00</b>		<b>13,31</b>		<b>16,81</b>	

MÁXIMA DENSIDAD:

1,646 kg/m<sup>3</sup>.

OPTIMA HUMEDAD:

12,92%

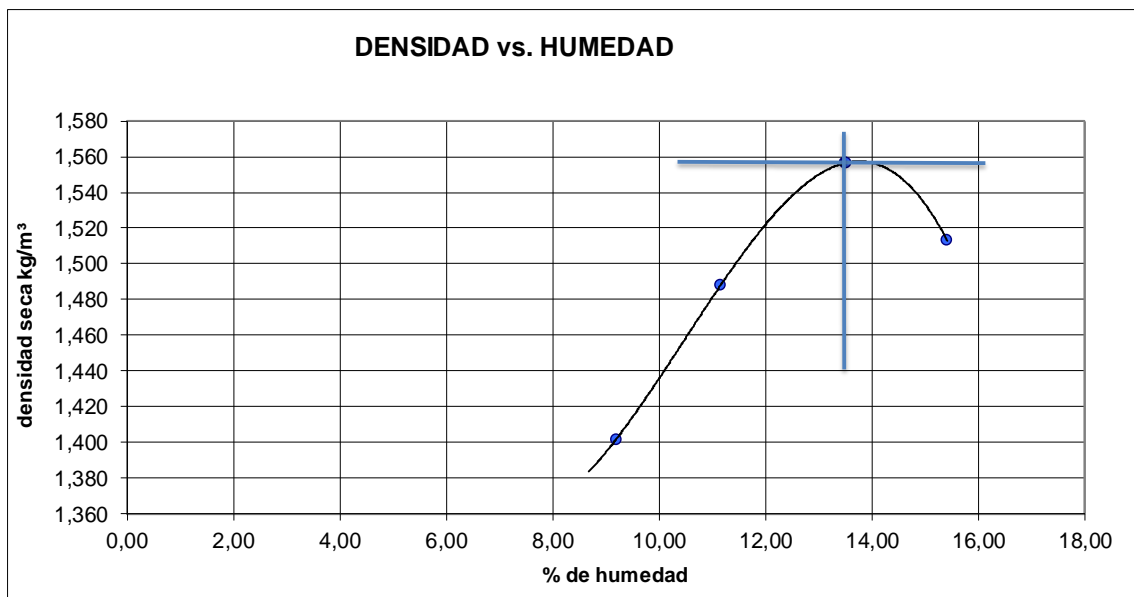


Fuente: Autores

Ilustración 59 Resultados del ensayo de Proctor modificado para la calicata 2

Molde No.	6	pulgadas	Altura caída	18 pulg.				
Volúmen	3.243	cm <sup>3</sup>	No. de capas	5				
Masa	4.232	gramos	No. de golpes por cap	56				
<b>COMPACTACION TIPO D</b>								
MUESTRA N°	1	2	3	4				
MASA DE MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	9195	9596	9961	9895				
MASA SUELO HUMEDO (gr)	1,530	1,654	1,767	1,746				
DENSIDAD SECA	<b>1,402</b>	<b>1,488</b>	<b>1,557</b>	<b>1,513</b>				
<b>% DE HUMEDAD</b>								
TARRO N°	14	A40	A6	A37	A16	A99	A80	A35
PESO HÚMEDO + TARRO (gr)	36,60	38,20	40,10	44,30	38,80	35,70	126,80	134,60
PESO SECO + TARRO (gr)	34,80	36,10	37,40	41,40	35,90	33,20	117,50	125,60
PESO TARRO (gr)	14,10	14,4	14,30	14,10	14,50	14,60	51,40	71,90
% DE HUMEDAD	8,70	9,68	11,69	10,62	13,55	13,44	14,07	16,76
PROMEDIO % HUMEDAD	<b>9,19</b>		<b>11,16</b>		<b>13,50</b>		<b>15,41</b>	

**MÁXIMA DENSIDAD:** 1.557 kg/m<sup>3</sup>. **OPTIMA HUMEDAD:** 13,53%



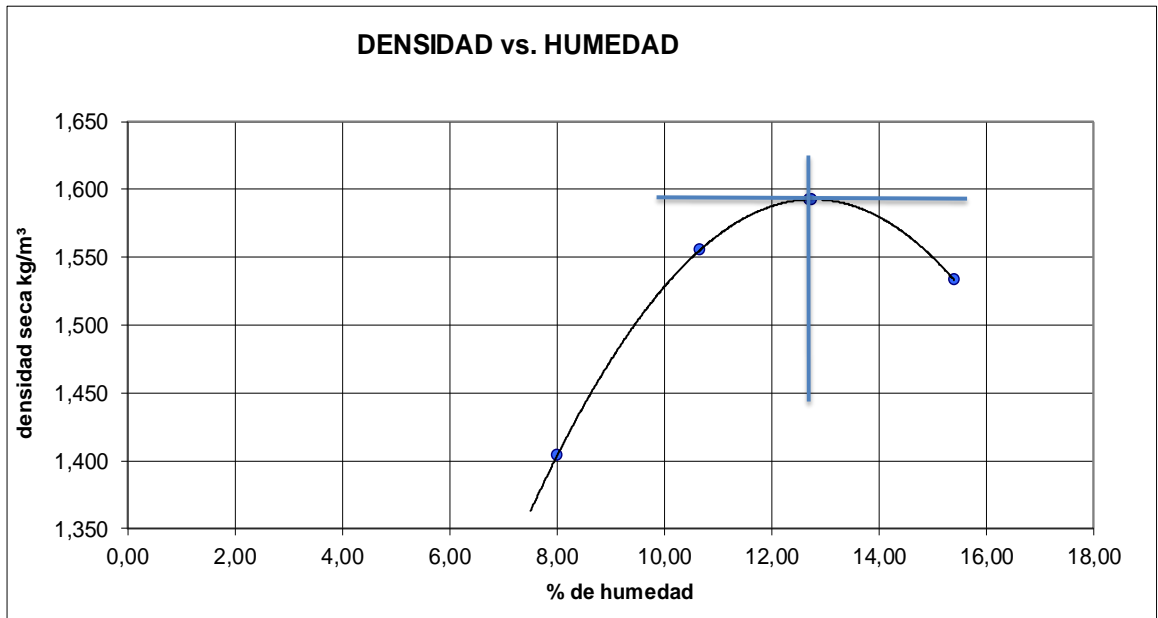
Fuente: Autores

Ilustración 60 Resultados del ensayo de Proctor modificado para la calicata 3

Molde No.	6	pulgadas	Masa martillo	10,0 lbs.
Volúmen	3.243	cm <sup>3</sup>	Altura caída	18 pulg.
Masa	4.237	gramos	No. de capas	5
			No. de golpes por cap	56

COMPACTACION TIPO D								
MUESTRA N°	1		2		3		4	
MASA DE MOLDE + SUELO HUMEDO (gr)	9156		9820		10058		9975	
MASA SUELO HUMEDO (gr)	1,517		1,722		1,795		1,769	
DENSIDAD SECA	<b>1,404</b>		<b>1,556</b>		<b>1,593</b>		<b>1,533</b>	
% DE HUMEDAD								
TARRO N°	I4	A40	A6	A37	A16	A99	A80	A35
PESO HÚMEDO + TARRO (gr)	130,70	103,50	30,30	29,50	131,90	132,40	116,00	212,10
PESO SECO + TARRO (gr)	126,60	99,40	28,80	27,90	124,80	125,20	110,30	198,80
PESO TARRO (gr)	71,80	51,4	13,80	13,80	66,50	70,80	72,40	114,40
% DE HUMEDAD	7,48	8,54	10,00	11,35	12,18	13,24	15,04	15,76
PROMEDIO % HUMEDAD	<b>8,01</b>		<b>10,67</b>		<b>12,71</b>		<b>15,40</b>	

**MÁXIMA DENSIDAD:** 1,593 kg/m<sup>3</sup>      **OPTIMA HUMEDAD:** 12,76%



Fuente: Autores

*Ilustración 61 Medición de hinchamiento de los especímenes*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 62 Utilización de la maquina CBR/MARSHALL LOADER 5170 para ensayo de penetración*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 63 Utilización de la maquina CBR/MARSHALL LOADER 5170 para ensayo de penetración*



*Fuente: Autores*



Ilustración 64 Cálculos de ensayo CBR para calicata 1

DATOS INICIALES				
Peso de la muestra	13,000	g		
Diámetro del Molde	6	in	0.1524	m
Altura del molde	7	in	0.1778	m
Volumen del molde	0.00324333	m <sup>3</sup>		

HUMEDAD INICIAL		
Tarro	C1	
Peso de tarro	40.52	
Tarro + suelo humedo	65.8	g
Tarro + suelo seco	65.3	g
Peso de agua	0.5	g
%Humedad inicial	2.02	%

PESO DE AGUA REQUERIDO		
%Humedad optima	12.92	%
%Humedad inicial	2.02	%
%Humedad requerida	10.90	%
Peso de agua requerido	1417.29	g

DENSIDAD SECA Y HUMEDAD OPTIMA				
Molde	1	2	3	
# de capas	5	5	5	
# de golpes / capas	12	25	56	
Condiciones de la muestra (%H)	12.92	12.92	12.92	
Peso de suelo humedo + molde (Kg)	11.27	11.60	11.92	
Peso de molde (Kg)	8.00	7.99	7.95	
Peso de suelo humedo (Kg)	3.27	3.60	3.97	
Volumen de suelo (m <sup>3</sup> )	0.0032	0.0032	0.0032	
DENSIDAD HUMEDA (Kg/m <sup>3</sup> )	1,652	1,725	1,825	
Tarro #	C1-10	C1-25	C1-56	
Peso de tarro	13.1	13.1	13.6	
Tarro + suelo humedo	59.6	68.3	61.9	
Tarro + suelo seco	54.6	62.2	56.5	
Peso de agua	5	6.1	5.40	
%HUMEDAD	12.05	12.42	12.59	
DENSIDAD SECA (Kg/m <sup>3</sup> )	1,563	1,625	1,703	1,646 DENSIDAD MAXIMA SECA

Fuente: Autores

Ilustración 65 Resultado de ensayos CBR para calicata 1

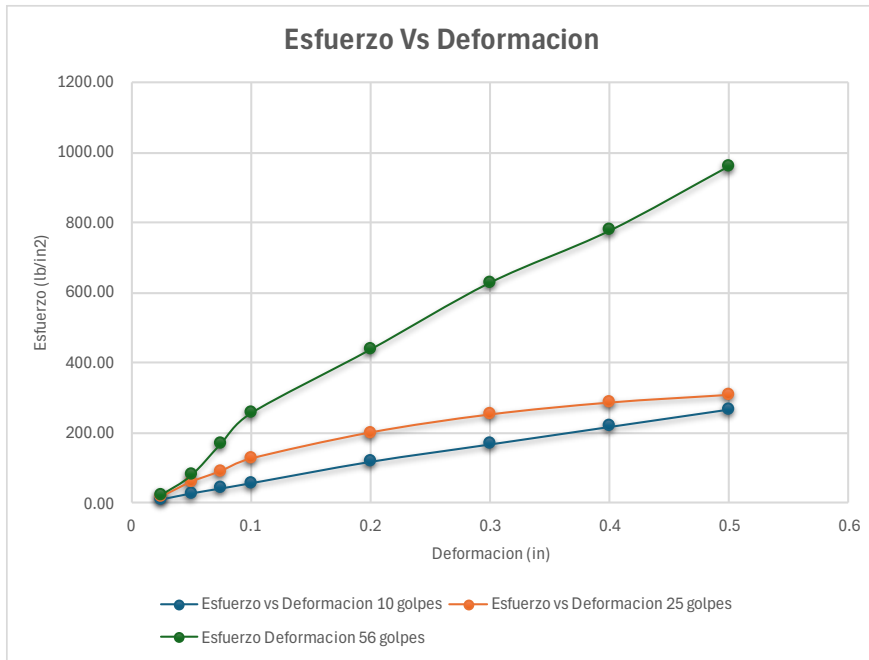
HINCHAMIENTO				
F.DIAL	0.0001	MOLDE		
L.INICIAL	0			
FECHA	1	2	3	
17/01/1900	0	1	5	
18/01/1900	1	2	6	
19/01/1900	2	3	7	
20/01/1900	0	1	5	
<b>%HINCHAMIENTO</b>	0	0	0	

CBR						
Penetracion	Molde	1	Molde	2	Molde	3
en	Carga de prueba		Carga de prueba		Carga de prueba	
Pulgadas	lectura	lb/in2	lectura	lb/in2	lectura	lb/in2
0.025	25.26	8.42	50.26	16.75	69.43	23.14
0.05	77.25	25.75	175.98	58.66	235.6	78.53
0.075	120.6	40.20	269.35	89.78	508.52	169.51
0.1	165.29	55.10	375.69	125.23	769.00	256.33
0.2	350.2	116.73	598.65	199.55	1315.22	438.41
0.3	500.2	166.73	752.63	250.88	1887.61	629.20
0.4	650.98	216.99	854.36	284.79	2332.56	777.52
0.5	801.26	267.09	920.31	306.77	2885.36	961.79

CBR CORREGIDO							
Penetracion	Carga	Molde	1	Molde	2	Molde	3
in	Estandar	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in	%
0.1	1	55.10	5.51	125.23	12.52	256.33	25.63
0.2	1.5	116.73	7.78	199.55	13.30	438.41	29.23
<b>PROMEDIO</b>			<b>6.65</b>		<b>12.91</b>		<b>27.43</b>

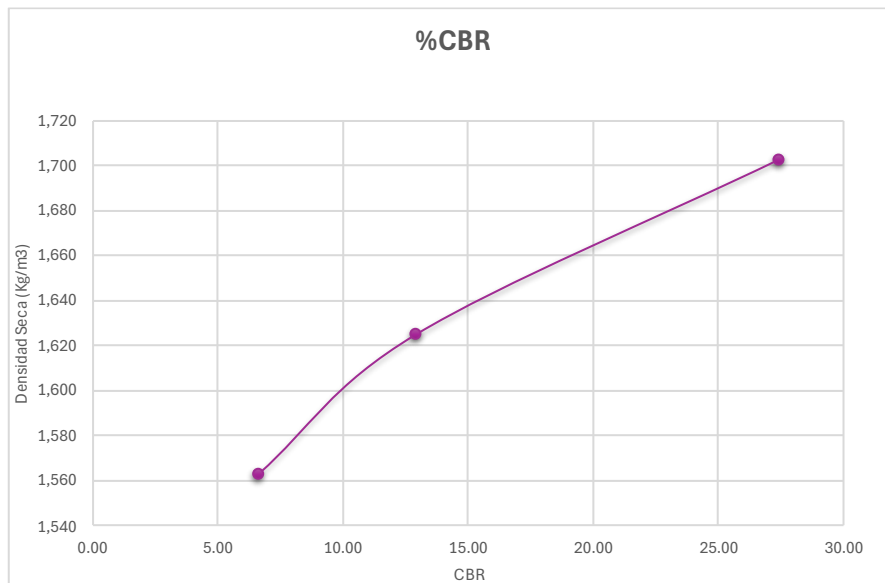
Fuente: Autores

Grafica 7 Comparación de graficas Esfuerzo vs Deformación para espécimen de la calicata 1



Fuente: Autores

Grafica 8 Densidad Seca vs %CBR de la calicata 1



Fuente: Autores

Ilustración 66 Cálculos de ensayo CBR para calicata 2

DATOS INICIALES				
Peso de la muestra	13,000	g		
Diámetro del Molde	6	in	0.1524	m
Altura del molde	7	in	0.1778	m
Volumen del molde	0.00324333	m <sup>3</sup>		

HUMEDAD INICIAL		
Tarro	C2	
Peso de tarro	42.1	
Tarro + suelo humedo	68.2	g
Tarro + suelo seco	67.1	g
Peso de agua	1.1	g
%Humedad inicial	4.40	%

PESO DE AGUA REQUERIDO		
%Humedad optima	13.53	%
%Humedad inicial	4.40	%
%Humedad requerida	9.13	%
Peso de agua requerido	1186.90	g

DENSIDAD SECA Y HUMEDAD OPTIMA				
Molde	1	2	3	
# de capas	5	5	5	
# de golpes / capas	12	25	56	
Condiciones de la muestra (%H)	13.53	13.53	13.53	
Peso de suelo humedo + molde (Kg)	11.39	11.63	11.67	
Peso de molde (Kg)	7.86	7.97	7.97	
Peso de suelo humedo (Kg)	3.53	3.66	3.71	
Volumen de suelo (m <sup>3</sup> )	0.0032	0.0032	0.0032	
DENSIDAD HUMEDA (Kg/m <sup>3</sup> )	1,520	1,652	1,736	
Tarro #	C2-10	C2-25	C2-56	
Peso de tarro	13.1	13.1	13.6	
Tarro + suelo humedo	52.3	45.2	59.3	
Tarro + suelo seco	47.7	41.4	54.2	
Peso de agua	4.6	3.8	5.10	
%HUMEDAD	13.29	13.43	12.56	
DENSIDAD SECA (Kg/m <sup>3</sup> )	1,425	1,526	1,672	1,557 DENSIDAD MAXIMA SECA

Fuente: Autores

Ilustración 67 Resultado de ensayos CBR para calicata 2

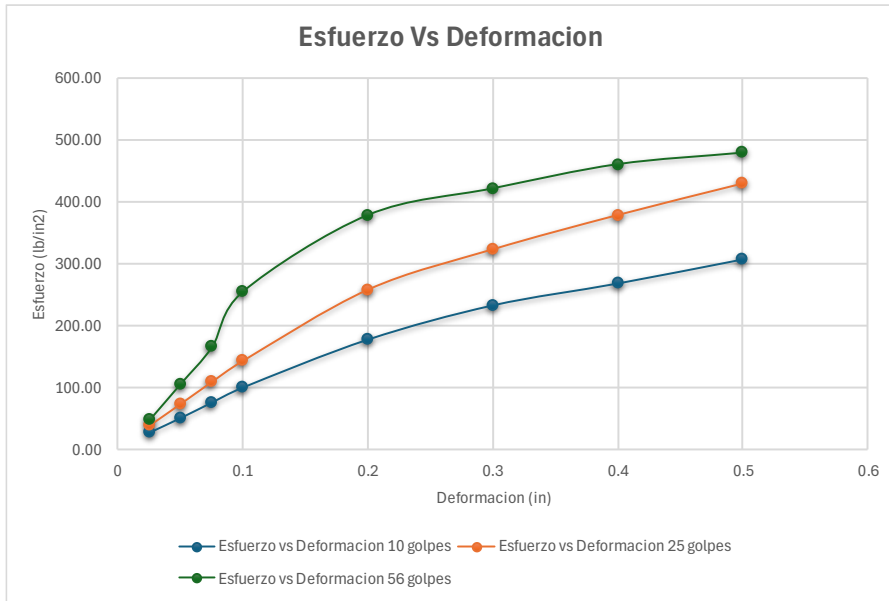
HINCHAMIENTO			
F.DIAL	0.0001	MOLDE	
L.INICIAL	0		
FECHA	1	2	3
17/01/1900	1	3	2
18/01/1900	2	3	4
19/01/1900	1	3	2
20/01/1900	1	3	2
<b>%HINCHAMIENTO</b>	0	0	0

CBR						
Penetracion	Molde	1	Molde	2	Molde	3
en	Carga de prueba		Carga de prueba		Carga de prueba	
Pulgadas	lectura	lb/in2	lectura	lb/in2	lectura	lb/in2
0.025	80.59	26.86	116.4	38.80	140.95	46.98
0.05	151.5	50.50	221.4	73.80	316.42	105.47
0.075	226.3	75.43	327.79	109.26	494.93	164.98
0.1	299.3	99.77	429.72	143.24	764.19	254.73
0.2	530.96	176.99	773.24	257.75	1134.67	378.22
0.3	696.37	232.12	967.95	322.65	1263.53	421.18
0.4	802.24	267.41	1133.54	377.85	1380.56	460.19
0.5	918.54	306.18	1285.63	428.54	1436.4	478.80

CBR CORREGIDO							
Penetracion	Carga	Molde	1	Molde	2	Molde	3
in	Estandar	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in	%
0.1	1	99.77	9.98	143.24	14.32	254.73	25.47
0.2	1.5	176.99	11.80	257.75	17.18	378.22	25.21
<b>PROMEDIO</b>			<b>10.89</b>		<b>15.75</b>		<b>25.34</b>

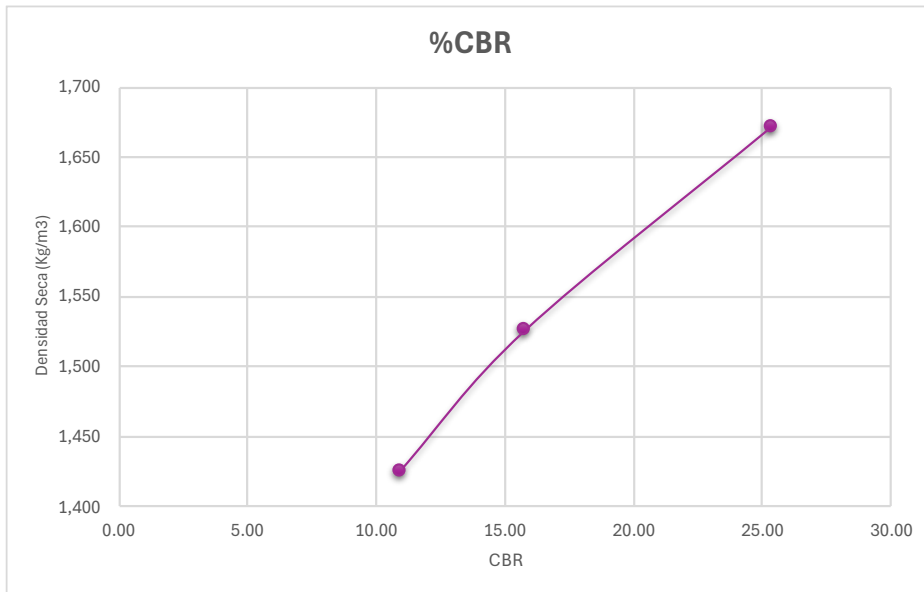
Fuente: Autores

Grafica 9 Comparación de graficas Esfuerzo vs Deformación para espécimen de la calicata 2



Fuente: Autores

Grafica 10 Densidad Seca vs %CBR de la calicata 2



Fuente: Autores

Ilustración 68 Cálculos de ensayo CBR para calicata 3

DATOS INICIALES				
Peso de la muestra	13,000	g		
Diámetro del Molde	6	in	0.1524	m
Altura del molde	7	in	0.1778	m
Volumen del molde	0.00324333	m <sup>3</sup>		

HUMEDAD INICIAL		
Tarro	C3	
Peso de tarro	41.3	
Tarro + suelo humedo	67.4	g
Tarro + suelo seco	66.7	g
Peso de agua	0.7	g
%Humedad inicial	2.76	%

PESO DE AGUA REQUERIDO		
%Humedad optima	12.76	%
%Humedad inicial	2.76	%
%Humedad requerida	10.00	%
Peso de agua requerido	1300.53	g

DENSIDAD SECA Y HUMEDAD OPTIMA				
Molde	1	2	3	
# de capas	5	5	5	
# de golpes / capas	12	25	56	
Condiciones de la muestra (%H)	12.76	12.76	12.76	
Peso de suelo humedo + molde (Kg)	11.30	11.53	11.68	
Peso de molde (Kg)	7.91	7.91	7.90	
Peso de suelo humedo (Kg)	3.39	3.62	3.78	
Volumen de suelo (m <sup>3</sup> )	0.0032	0.0032	0.0032	
DENSIDAD HUMEDA (Kg/m <sup>3</sup> )	1,596	1,768	1,896	
Tarro #	C3-10	C3-25	C3-56	
Peso de tarro	14.5	14.5	13.8	
Tarro + suelo humedo	58.9	63.5	68.2	
Tarro + suelo seco	54.1	57.8	61.8	
Peso de agua	4.8	5.7	6.40	
%HUMEDAD	12.12	13.16	13.33	
DENSIDAD SECA (Kg/m <sup>3</sup> )	1,495	1,656	1,792	1,593 DENSIDAD MAXIMA SECA

Fuente: Autores

Ilustración 69 Resultados de ensayo CBR para calicata 3

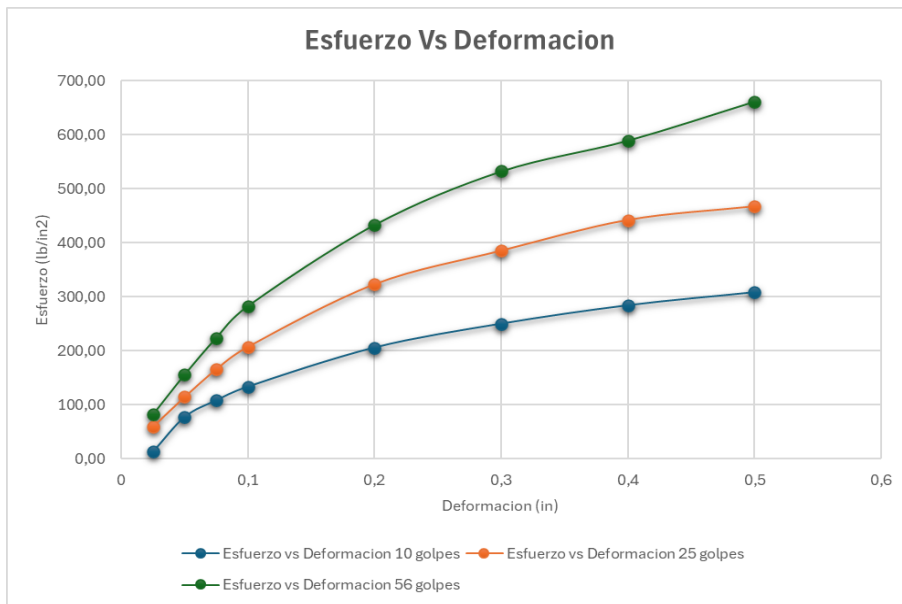
HINCHAMIENTO				
F.DIAL	0.0001	MOLDE		
L.INICIAL	0			
FECHA		1	2	3
17/01/1900		6	6	6
18/01/1900		7	7	7
19/01/1900		6	6	7
20/01/1900		6	6	6
%HINCHAMIENTO		0	0	0

CBR							
Penetracion	Molde	1	Molde	2	Molde	3	
en	Carga de prueba		Carga de prueba		Carga de prueba		
Pulgadas	lectura	lb/in2	lectura	lb/in2	lectura	lb/in2	
0.025	37.27	12.42	178.32	59.44	245.38	81.79	
0.05	230.45	76.82	344.18	114.73	467.89	155.96	
0.075	322.78	107.59	497.33	165.78	671.93	223.98	
0.1	398.77	132.92	621.96	207.32	848.89	282.96	
0.2	616.23	205.41	969.08	323.03	1300.18	433.39	
0.3	748.69	249.56	1155.22	385.07	1597.7	532.57	
0.4	850.95	283.65	1325.46	441.82	1769.01	589.67	
0.5	923.28	307.76	1400.98	466.99	1985.94	661.98	
CBR CORREGIDO							
Penetracion	Carga	Molde	1	Molde	2	Molde	3
in	Estandar	lbs/in	%	lbs/in	%	lbs/in	%
0.1	1	132.92	13.29	207.32	20.73	282.96	28.30
0.2	1.5	205.41	13.69	323.03	21.54	433.39	28.89
<b>PROMEDIO</b>			<b>13.49</b>		<b>21.13</b>		<b>28.59</b>

Fuente: Autores

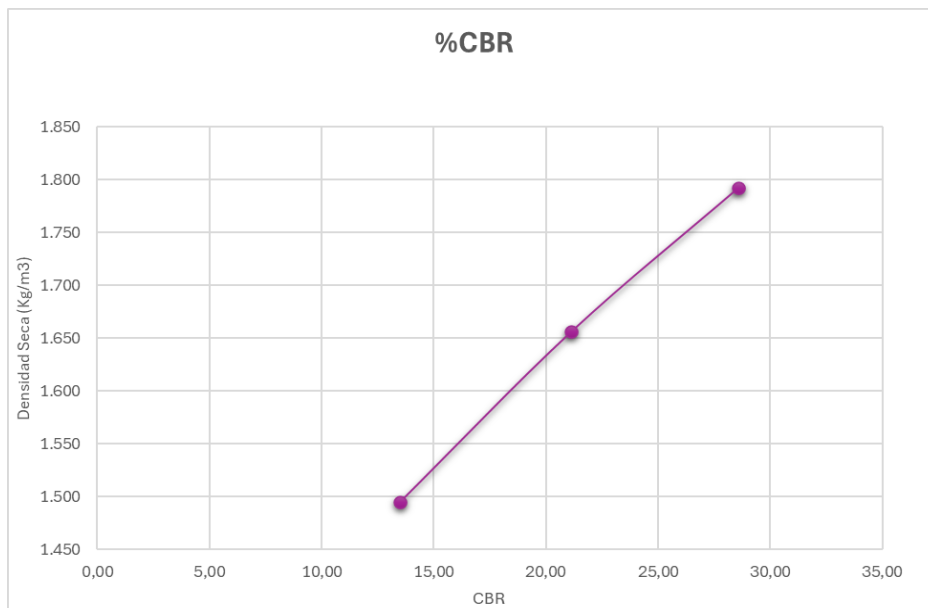


Grafica 11 Comparación de graficas Esfuerzo vs Deformación para espécimen de la calicata 3



Fuente: Autores

Grafica 12 Densidad Seca vs %CBR de la calicata 3



Fuente: Autores

*Ilustración 70 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 71 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 72 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 73 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía*



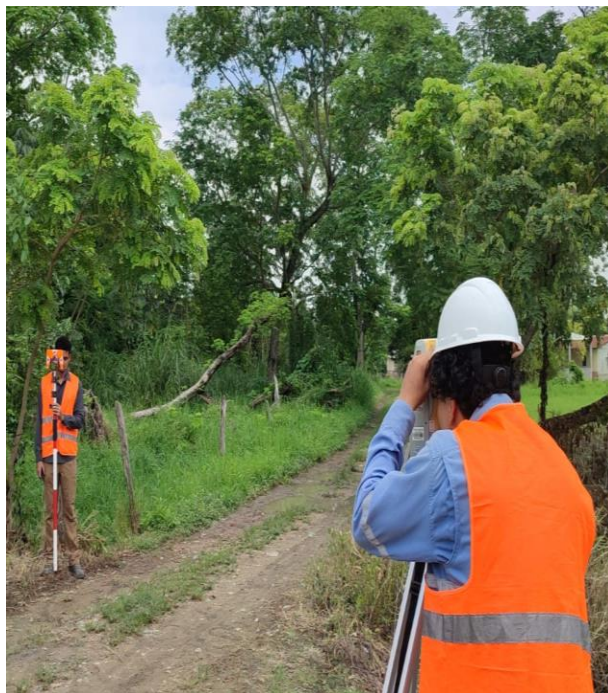
*Fuente: Autores*

*Ilustración 74 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía*



*Fuente: Autores*

*Ilustración 75 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía*



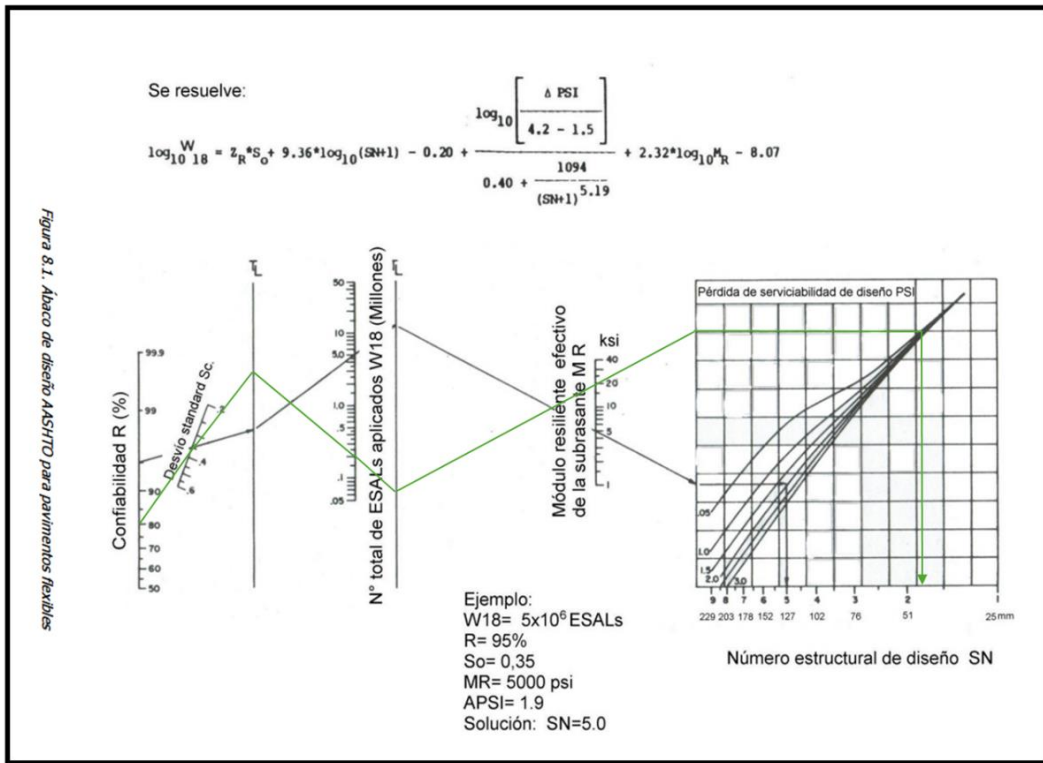
*Fuente: Autores*

*Ilustración 76 Toma de puntos para levantamiento topográfico de la vía*



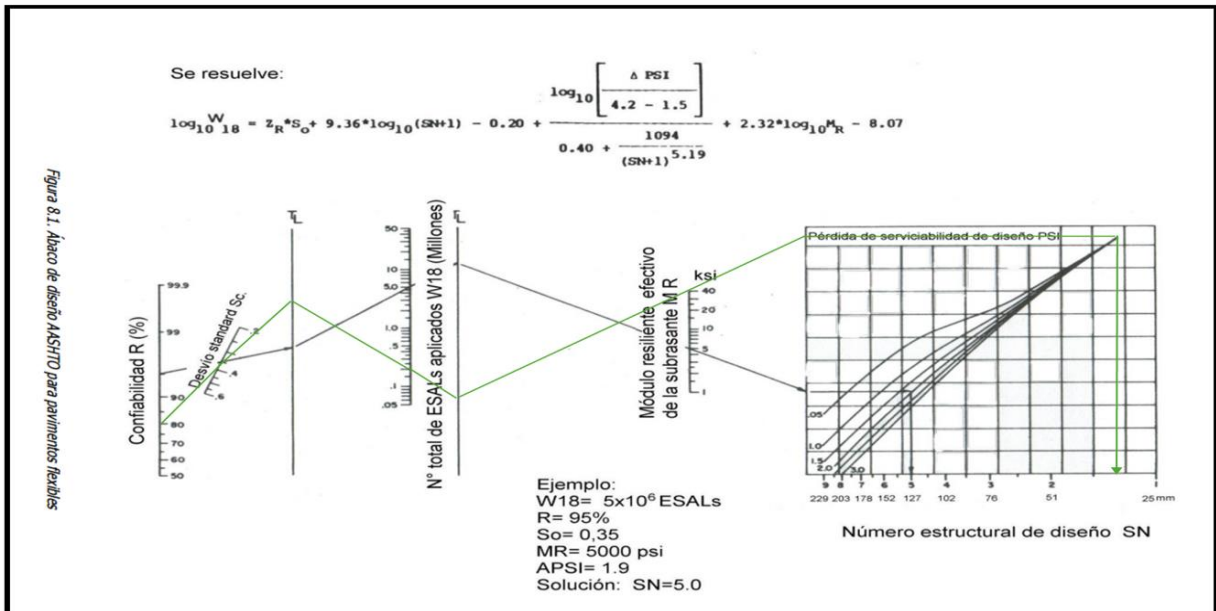
*Fuente: Autores*

Ilustración 77 Determinación de SN total para cálculo de espesores



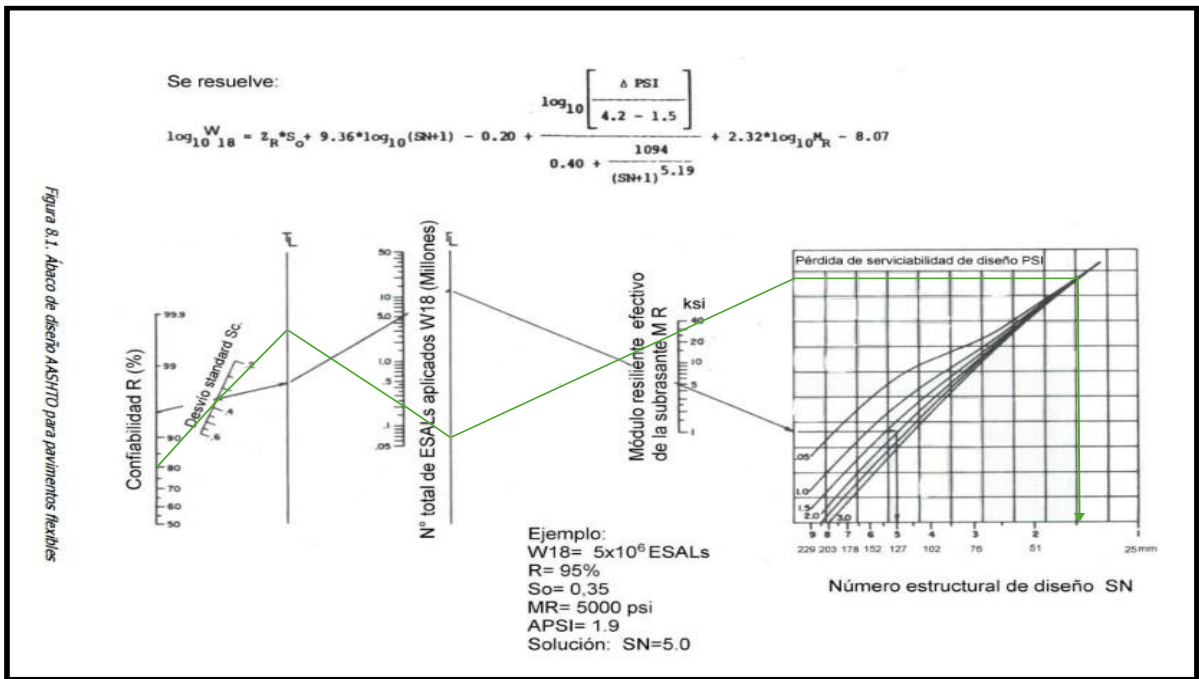
Fuente: American Association of State and Transportation Highway Officials, 1997

Ilustración 78 Determinación de SN I para cálculo de espesores



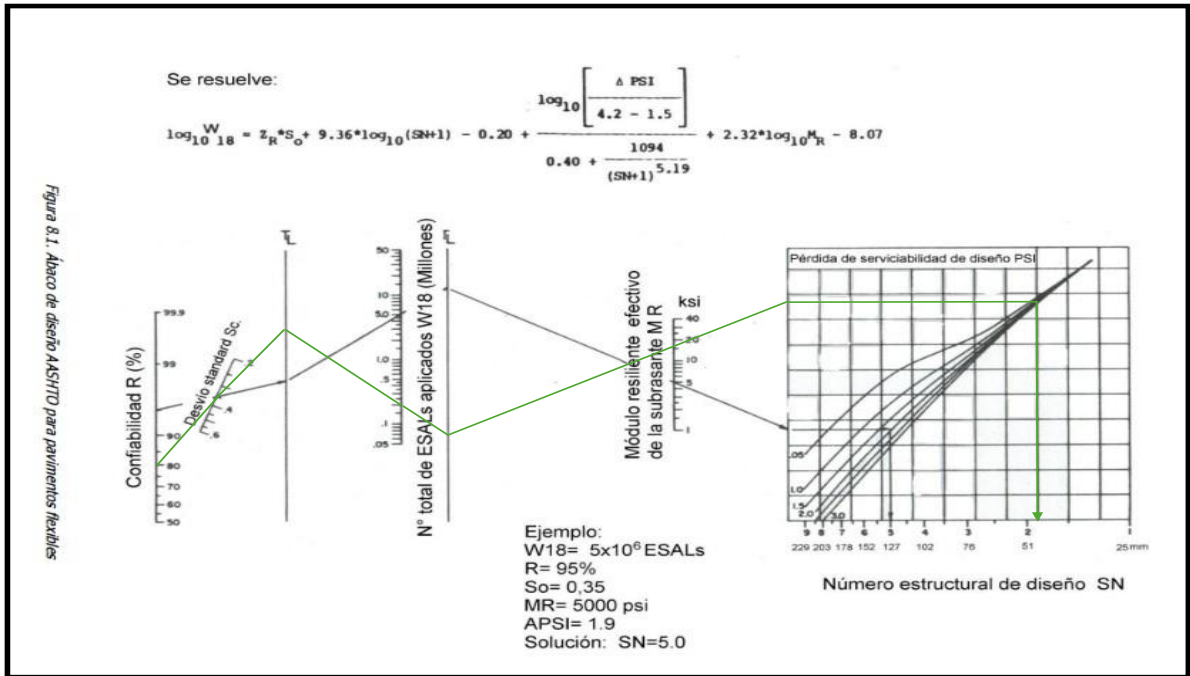
Fuente: American Association of State and Transportation Highway Officials, 1997

Ilustración 79 Determinación de SN 2 para cálculo de espesores



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

Ilustración 80 Determinación de SN 3 para cálculo de espesores



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

*Ilustración 81 Cálculo de espesores de la vía*

DATOS GENERALES				
Mr	a1	m1		
20338.13	0.44	0.8		
DRENAJE	a2	m2		
0.8	0.14	0.8		
a3				
0.12				

ESPESOR DE CAPA ASFALTICA				
SN1	D1	SN1 Corregido	Temas de costos	Nuevo SN1 Corregido
1.4	3.18	1.4	2.5	1.1
3				<b>SI Cumple</b>

ESPESOR DE LA CAPA BASE			
SN2	SN2	D2	SN2 Corregido
1.5	0.4	3.57	0.448
4.00			<b>SI Cumple</b>

ESPESOR DE LA CAPA SUBBASE			
SN3	SN3	D3	SN3 Corregido
1.9	0.35	3.67	0.384
4.00			<b>SI Cumple</b>

COMPROBACION		
SN1+SN2+SN3	≥	SN TOTAL
1.932		1.67
<b>SI Cumple</b>		

*Fuente: Autores*

*Ilustración 82 Procesamiento de datos y reunión con el tutor Ing. Fausto Cabrera*



*Fuente: Autores*

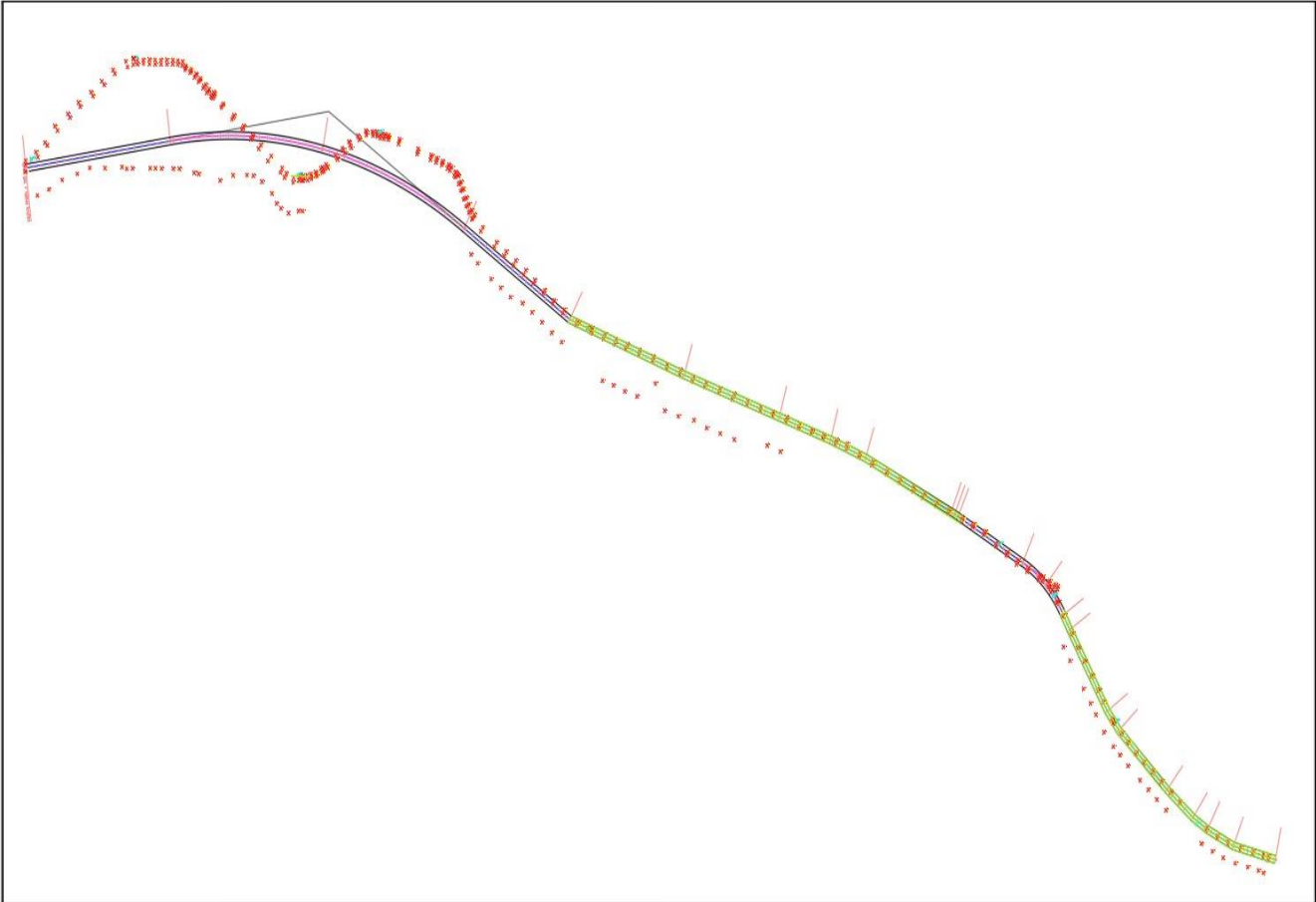


*Ilustración 83 Procesamiento de datos y reunión con el tutor Ing. Fausto Cabrera*



*Fuente: Autores*

Ilustración 84 Diseño geométrico propuesto de la vía



<b>INSTITUCIÓN:</b> UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		<b>FECHA:</b> FEBRERO / 2024
<b>TÍTULO:</b> DISEÑO DE LA VÍA DESDE EL INGRESO AL SECTOR POZA DEL CACAO HASTA LA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA GERMANIA FIGUEROA		<b>AUTORES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lenin Josías Bajaña Quiñonez</li> <li>• Roosevelt Jenier Iñiguez Tamayo</li> </ul>
<b>UBICACIÓN</b>	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESCALA:</b> 1:6 <small>FORMATO A0</small>
<b>PROVINCIA:</b> GUAYAS	<b>ESTE:</b> 634834.9740,00	<b>LAMINAS:</b> <h1 style="text-align: center;">A-0</h1>
<b>CANTÓN:</b> SALITRE	<b>NORTE:</b> 9801842.5820,00	
<b>DIRECCIÓN:</b> SECTOR POZA DEL CACAO, HASTA ESCUELA DE EDUCACIÓN BÁSICA GERMANIA FIGUEROA		

Fuente: Autores