



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA
COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTÓBAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero Civil

AUTOR: GENESIS ABIGAIL ALCIVAR MUÑOZ

AUTOR: STALIN EMILIO CONFORME MURILLO

TUTOR: Ing. FAUSTO FRANCISCO CABRERA MORAN, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2023

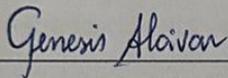
**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Genesis Abigail Alcivar Muñoz con documento de identificación N.º 0926114901 y Stalin Emilio Conforme Murillo con documento de identificación N.º 0930917182 manifestamos que:

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

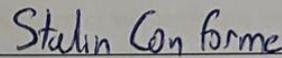
Guayaquil, 24 de agosto del año 2023.

Atentamente



Genesis Abigail Alcivar Muñoz

C.I. 0926114901



Stalin Emilio Conforme Murillo

C.I. 0930917182

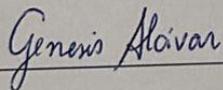
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Genesis Abigail Alcivar Muñoz con documento de identificación N.º 0926114901 y Stalin Emilio Conforme Murillo con documento de identificación N.º 0930917182, 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: PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTÓBAL, 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.

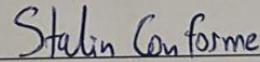
Guayaquil, 24 de agosto del año 2023.

Atentamente,



Genesis Abigail Alcivar Muñoz

C.I. 0926114901



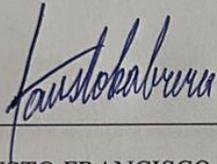
Stalin Emilio Conforme Murillo

C.I. 0930917182

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACION

Yo, FAUSTO FRANCISCO CABRERA MORAN con documento de identificación N.º0919755272, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTÓBAL, realizado por Genesis Abigail Alcivar Muñoz con documento de identificación N.º 0926114901 y Stalin Emilio Conforme Murillo con documento de identificación N.º 0930917182, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Ingeniero Civil que cumple todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 24 de agosto del año 2023



FAUSTO FRANCISCO CABRERA MORAN

C.I. 0919755272

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana, ya que ha sido el lugar de nuestro crecimiento académico y personal. A nuestro tutor Ing. Fausto Cabrera, que supo guiarnos para que nuestro trabajo sea realizado de la mejor manera posible. A todos los docentes, que han colaborado con su conocimiento y enseñanza, dado que sin su ayuda y orientación esto no hubiera sido posible de alcanzar. Especialmente al Dr. Leonardo Echeverría ya que su pasión por enseñar ha tenido un impacto positivo en nuestro aprendizaje y desarrollo. Al ingeniero Rudys Cusme, Msc. por su orientación durante el proceso de elaboración de nuestra tesis, y al ingeniero Israel Bermeo por sus guías y consejos durante nuestra etapa académica. Finalmente, a nuestros compañeros que fuimos conociendo a través de los años.

Génesis Abigail Alcívar Muñoz

Stalin Emilio Conforme Murillo

DEDICATORIA

Principalmente, quiero dedicar este trabajo y mi futuro título de Ing. Civil a mis padres, son quienes han estado apoyándome incondicionalmente a lo largo de mi vida. Su dedicación y ejemplo han sido mi fuente de inspiración y fortaleza en cada paso que he dado, me han enseñado el valor del esfuerzo, la perseverancia y la importancia de seguir mis sueños.

De igual manera, a mi hermano Jimmy que siempre ha estado presente en todo momento brindándome su apoyo.

A nuestras mascotas, Titi (+) y Dolce cuya presencia nos brindó alegría, consuelo y compañía en todo momento. Que estas palabras sirvan como tributo a la felicidad que han traído a mi vida.

Stalin Emilio Conforme Murillo

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi fuente de inspiración y apoyo incondicional, que gracias a su amor y sus sacrificios me han ayudado a alcanzar mis metas y convertirme en la mujer que soy.

A mis hermanos, Eduardo y Dixon que han sido mi figura paterna durante toda mi vida y siempre están presente en todos mis logros.

A mis cuñadas, Lilibeth y Lissette que se convirtieron en mis hermanas y siempre me brindan su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A mis sobrinos, Amy, Ezequiel, Nahomy e Ian que son mi ancla a tierra y me regalan los mejores momentos de mi vida.

Genesis Abigail Alcivar Muñoz

RESUMEN

La presente tesis trata sobre la importancia de un diseño vial para beneficio de los habitantes del recinto San Cristóbal, esto como un factor crítico para la funcionalidad y el bienestar de sus individuos. Se analizan conceptos claves de diseño geométrico y funcional de las vías, basándonos en las normas del MTOP y AASHTO-93 considerando la interacción entre peatones y vehículos. Se destaca la relevancia de adaptar el diseño a las necesidades específicas del recinto y su entorno. La eficiencia es una palabra clave que guía el enfoque de la tesis. Se examina cómo un diseño vial bien planificado puede optimizar el flujo de tráfico, reduciendo los tiempos de desplazamiento. Se consideran técnicas de gestión de tráfico y herramientas tecnológicas que pueden ser implementadas para mejorar la fluidez vehicular. La seguridad es otro aspecto central de la investigación. Se exploran estrategias de diseño que priorizan la seguridad de los usuarios, minimizando riesgos y conflictos potenciales en intersecciones. En resumen, la tesis de diseño vial entre el recinto San Cristóbal y la autopista a la Costa, se enfoca en la planificación y ejecución de vías de circulación interna con miras a la eficiencia y seguridad. Al abordar estas palabras clave, la investigación busca proporcionar directrices y recomendaciones para el diseño de recintos funcionales y armoniosos desde el punto de vista vial.

Palabras Clave: Diseño Vial, Circulación Interna, Eficiencia, Seguridad.

ABSTRACT

The present thesis deals with the importance of road design for the benefit of the inhabitants of the San Cristóbal precinct. This is seen as a critical factor for the functionality and well-being of its individuals. Key concepts of geometric and functional based on the regulations of MTOP and AASHTO-93, design of roadways are analyzed, considering the interaction between pedestrians and vehicles. The relevance of adapting the design to the specific needs of the precinct and its environment is highlighted. Efficiency is a keyword guiding the thesis's approach. It examines how well-planned road design can optimize traffic flow, reducing travel times. Traffic management techniques and technological tools that can be implemented to enhance vehicular flow are considered. Safety is another central aspect of the research. Design strategies prioritizing user safety are explored, minimizing risks and potential conflicts at intersections. In summary, the thesis on road design between the San Cristóbal precinct and the coastal highway focuses on the planning and implementation of internal circulation routes with an emphasis on efficiency and safety. By addressing these keywords, the research aims to provide guidelines and recommendations for the design of functional and harmonious precincts from a road perspective.

Keywords: Road Design, Internal Circulation, Efficiency, Safety.

ÍNDICE

1. EL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento Del Problema	1
1.2 OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO	4
1.4.1 Fotografías Del Estado Actual De La Vía De Estudio	5
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Carretera	7
2.1.1 Clasificación Según El Desempeño De Las Carreteras.	7
2.1.2 Clasificación Funcional Por Importancia En La Red Vial.....	11
2.1.3 Clasificación Según las Condiciones Orográficas.	12
2.2 TIPO DE TERRENO	13
2.3 VEHÍCULO DE DISEÑO	14
2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS	17
2.4.1 Topografía	17
2.4.2 Intensidad de Tráfico.	19
2.4.3 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	20
2.5 CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA DE UNA VÍA	20
2.5.1 Alineamiento Horizontal	22
2.5.2 Distancia de Visibilidad.....	24
2.5.3 Distancia de Visibilidad de Adelantamiento.	28
2.6 CURVAS	31
2.6.1 Curva Horizontal	31
2.6.2 Curvas horizontales simple	32
2.6.3 Sobreelevación	33
2.6.4 Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobre-elevación o peralte.	34
2.7 ESTUDIO DE SUELOS	36
2.7.1 Suelos	36
2.7.2 Análisis Granulométrico	37
2.7.3 Ensayo Proctor.....	37
2.7.4 Ensayo California Bearing Ratio (CBR).....	38
2.8 CLASIFICACION DE LOS SUELOS	38
2.8.1 Clasificación según la textura.....	38
2.8.2 Clasificación según la composición mineral.....	39
2.8.3 Clasificación según su origen.....	39

2.8.4 Clasificación según su comportamiento	39
2.8.5 Clasificación geotécnica	40
2.9 DISEÑO DEL PAVIMENTO	40
2.9.1 Pavimentos Flexibles	41
2.9.2 Características y componentes clave de los pavimentos flexibles	41
2.9.3 Subrasante	42
3. METODOLOGÍA	43
3.1 Estudio Vial	43
3.2 Estudios Topográficos	43
3.3 Estudio De Tránsito	44
3.4. Conteo De Tráfico.....	44
3.4.1 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)	45
3.4.2 Cálculo del promedio diario semanal (TPDS).....	46
3.4.3 Factor de ajuste mensual (Fm)	46
3.4.4 Factor de ajuste diario	47
3.4.5 Tráfico Diario	47
3.4.6 Tráfico Proyectado.....	49
3.5 Clasificación actual de la vía.....	50
3.6 Estudio de Suelos	50
3.6.1 Calicata	50
3.6.2 Granulometría	51
3.6.3 Contenido de humedad	52
3.6.4 Ensayo Proctor Modificado.....	52
3.6.5 Ensayo CBR.....	53
3.6.6 Análisis del Estudio de Suelo	55
3.7 PROPUESTA	55
3.7.1 Diseño Geométrico de la Vía	55
3.7.2 Diseño pavimento flexible.....	57
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	68
4.1 Conclusiones.....	68
4.2 Recomendaciones	69
BIBLIOGRAFIA	70
ANEXOS	71
ANEXO 1. TABLAS	71
ANEXO 2. FOTOGRAFIAS.	87

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación Geográfica de la Provincia del Guayas	4
Ilustración 2 Ubicación Geográfica del Recinto San Cristóbal	5
Ilustración 3 Estado Actual de la Vía	5
Ilustración 4 Estado Actual de la Vía	6
Ilustración 5 Camino Agrícola/Forestal	7
Ilustración 6 Camino Básico.....	8
Ilustración 7 Carretera Convencional Básica.....	8
Ilustración 8 Carretera De Mediana Capacidad	9
Ilustración 9 Carretera de Mediana Capacidad Excepcional	9
Ilustración 10 Vías de Alta Capacidad Interurbana (26,6m)	10
Ilustración 11 Vías de Alta Capacidad Interurbana (34.6m)	10
Ilustración 12 Vías de Alta Capacidad Urbana o Periurbana	11
Ilustración 13 Tipos de Vehículos Motorizados Remolques y Semiremolques	15
Ilustración 14 Posibles Combinaciones de Remolques y Semiremolques	16
Ilustración 15 Distancia De Parada	25
Ilustración 16 Etapas de Maniobra para Adelantamiento en Carreteras de 2 Carriles	29
Ilustración 17 Curva Circular con sus Elementos	33
Ilustración 18 Valores de Diseño Recomendados para Carreteras de Dos Carriles y Caminos Vecinales	35
Ilustración 19 Implantación de la Vía y Ubicación Para el Conteo Manual.....	44
Ilustración 20 Formato Para el Conteo del TPDA.....	45
Ilustración 21 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	52
Ilustración 22 Ensayo Proctor	53
Ilustración 23 Resultados Ensayo CBR	54
Ilustración 24 Limites Para la Selección de Resistencia	54
Ilustración 25 Determinación del Factor Camión	59
Ilustración 26 Número de Ejes Equivalentes Esal's Para el Periodo de Diseño	59
Ilustración 27 Valores de Coeficiente Estructural Para Mezclas Asfáltica	62
Ilustración 28 Valores de Coeficiente Estructural Para Bases Granulares	63
Ilustración 29 Valores de Coeficientes Estructural Para Sub-bases Granulares	64
Ilustración 30 Características de Drenaje del Material de Base y/o Sub-base.....	65
Ilustración 31 Cálculo de Número Estructural.....	66
Ilustración 32 Espesores de la Capa del Pavimento	66
Ilustración 33 Sección Típica Propuesta	67
Ilustración 34 TPDA Registrado el 12 de Junio 2023	71
Ilustración 35 Representación en Histograma del TPDA 12/06/2023	71
Ilustración 36 TPDA Registrado el 13 de Junio 2023	72
Ilustración 37 Representación en Histograma del TPDA 13/06/2023	72
Ilustración 38 TPDA Registrado el 14 de Junio 2023	73
Ilustración 39 Representación en Histograma del TPDA 14/06/2023	73
Ilustración 40 TPDA Registrado el 15 de Junio 2023	74
Ilustración 41 Representación en Histograma del TPDA 15/06/2023	74
Ilustración 42 TPDA Registrado el 16 de Junio 2023	75
Ilustración 43 Representación en Histograma del TPDA 16/06/2023	75
Ilustración 44 TPDA Registrado el 17 de Junio 2023	76
Ilustración 45 Representación en Histograma del TPDA 17/06/2023	76
Ilustración 46 TPDA Registrado el 18 de Junio 2023	77
Ilustración 47 Representación en Histograma del TPDA 17/06/2023	77
Ilustración 48 Ensayo Granulométrico	81
Ilustración 49 Curva de Densidad	82
Ilustración 50 Gráfica de Cargas y Número de Golpes CBR	84
Ilustración 51 CBR VS Densidades.....	84

Ilustración 52 Planificación del Proyecto con el tutor Ing. Fausto Cabrera	87
Ilustración 53 Registro del TPDA Genesis Alcivar.....	87
Ilustración 54 Registro del TPDA Stalin Conforme.....	88
Ilustración 55 Registro del TPDA Genesis Alcivar.....	88
Ilustración 56 Registro del TPDA Stalin Conforme.....	89
Ilustración 57 Registro del TPDA Genesis Alcivar.....	89
Ilustración 58 Registro del TPDA Genesis Alcivar.....	90
Ilustración 59 Punto de Excavación	90
Ilustración 60 Medidas de Excavación	91
Ilustración 61 Recolección del Material.....	91
Ilustración 62 Recolección del Material.....	92
Ilustración 63 Muestra de Suelo.....	92
Ilustración 64 Medidas de Excavación	93
Ilustración 65 Recolección del Material.....	93
Ilustración 66 Recolección del Material.....	94
Ilustración 67 Excavación	94
Ilustración 68 Medidas de Excavación	95
Ilustración 69 Recolección de Material.....	95
Ilustración 70 Recolección de Material.....	96
Ilustración 71 Medidas de Excavación	96
Ilustración 72 Medidas de Excavación	97
Ilustración 73 Recolección del Material.....	97
Ilustración 74 Recolección del Material.....	98
Ilustración 75 Recolección del Material.....	98
Ilustración 76 Recolección del Material.....	99
Ilustración 77 Muestra Lista Para ser Pesada	99
Ilustración 78 Peso de la Bandeja.....	100
Ilustración 79 Peso de la Bandeja con la Muestra	100
Ilustración 80 Muestra	101
Ilustración 81 Peso de Bandeja más Muestra Húmeda	101
Ilustración 82 Peso de la Bandeja Usada en Ensayo Granulométrico	102
Ilustración 83 Muestra en el Horno	102
Ilustración 84 Tamices a ser Utilizados	103
Ilustración 85 Peso de Muestra Seca más Bandeja	103
Ilustración 86 Tamices	104
Ilustración 87 Material Contenido en Tamiz de 1”	104
Ilustración 88 Material Contenido en Tamiz 100.....	108
Ilustración 89 Material Contenido Tamiz 200	108
Ilustración 90 Material Contenido de Fondo	109
Ilustración 91 Secado de Material Para Ensayos Proctor Modificado y CBR.....	109
Ilustración 92 Secado de Material	110
Ilustración 93 Encerado de la Balanza.....	110
Ilustración 94 Peso del Molde.....	111
Ilustración 95 Martillo de Compactación.....	111
Ilustración 96 Peso de la Muestra.....	112
Ilustración 97 Peso de Muestra que Va al Horno.....	112
Ilustración 98 Peso de Muestra que Va al Horno.....	113
Ilustración 99 Mezcla Humedecida	113
Ilustración 100 Golpeo de Martillo	114
Ilustración 101 Peso de Muestra Húmeda Compactada.....	114
Ilustración 102 Muestra Para Ensayo CBR	115
Ilustración 103 Peso de Muestra Húmeda Compactada.....	115
Ilustración 104 Mezcla Material Húmedo.....	116
Ilustración 105 Material Humedecido	116

Ilustración 106 Golpes Con el Martillo.....	117
Ilustración 107 Muestras en el Horno.....	117
Ilustración 108 Calibración Estación Total	118
Ilustración 109 Estación Total Calibrada	118
Ilustración 110 Toma de Puntos.....	119
Ilustración 111 Toma de Puntos.....	119
Ilustración 112 Toma de Puntos.....	120
Ilustración 113 Toma de Puntos.....	120
Ilustración 114 Calibración Estación Total	121
Ilustración 115 Toma de Puntos.....	121
Ilustración 116 Procesamiento de datos y reunión con el tutor Ing. Fausto Cabrera.....	122

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de Carreteras Según Condiciones Orográficas	12
Tabla 2 Características Tipos de Vehículo	14
Tabla 3 Relación de la Velocidad de Operación con la Velocidad de Diseño Para Carretera de Dos Carriles	23
Tabla 4 Distancias de Parada y de Decisión en Terreno Plano	27
Tabla 5 Distancias de Parada en Pendiente de Bajada y Subida	27
Tabla 6 Distancias de Decisión Para Evitar Maniobra	28
Tabla 7 Distancias Mínimas de Diseño Para Carreteras Rurales de dos Carriles en Metros.....	30
Tabla 8 Parámetros Básicos.....	31
Tabla 9 Factor De Estacionalidad Mensual	46
Tabla 10 Determinación del Factor de Expansión	47
Tabla 11 Composición del Tráfico	48
Tabla 12 Tráfico Asignado	48
Tabla 13 Tasas de Crecimiento Vehicular.....	49
Tabla 14 Proyección de Tráfico a 20 Años	50
Tabla 15 Granulometría	51
Tabla 16 Velocidad de Diseño	55
Tabla 17 Distancia de Velocidad de Adelantamiento Para Carreteras Rurales de Dos Carriles.....	57
Tabla 18 Valores Propuesto para el Periodo de Análisis	58
Tabla 19 Niveles Recomendados de Confiabilidad.....	60
Tabla 20 Valores de Desviación Estándar.....	60
Tabla 22 Determinación del FD.....	78
Tabla 23 Factor de Ajuste Mensual	78
Tabla 24 Composición del Tráfico	78
Tabla 25 Tráfico Asignado.....	79
Tabla 26 Tráfico Proyectado	79
Tabla 27 Determinación del Factor Común Por Tipo de Vehículo	79
Tabla 28 Número de ejes equivalentes ESAL'S para el período de diseño	80
Tabla 29 Ensayo Granulométrico	81
Tabla 30 Cálculo de Densidades, Ensayo Proctor Modificado.....	82
Tabla 31 Cálculo del CBR.....	82
Tabla 32 Determinación de Módulo Resiliente de la subrasante	85
Tabla 33 Espesor necesario del concreto asfáltico	85
Tabla 34 Espesor de la base granular.....	85
Tabla 35 Espesor de Subbase.....	86

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

Ruta defectuosa entre la Autopista a la Costa y recinto San Cristóbal (Vía Tamarindo).

1.1 Planteamiento Del Problema

El perfil costanero tiene una extensión de aproximadamente 1.200 km de longitud. Dentro de ella se encuentra la parroquia San Cristóbal que se extiende en un área aproximada de 37.721,38 m² lugar en el que se encuentra la presente investigación.

La vía Tamarindo que comunica al recinto San Cristóbal con la Autopista a la costa, cuenta con un trayecto de acceso deteriorado cuya distancia comprende de 1225 metros, esta necesita un diseño vial que cumpla con la aplicación de los parámetros técnicos y el respectivo uso de las normas.

La comunidad de San Cristóbal cuenta con una diversidad de servicios y comercios que atienden a sus habitantes y a los residentes de las zonas circundantes. Entre estos servicios se incluyen tiendas, centros educativos y espacios recreativos.

En época invernal debido al paso de los residentes del recinto y de los transportes de carga que circulan en la vía, el suelo se torna inaccesible y fangoso, debido al estancamiento de agua en los diversos tramos que lo convierte en intransitable.

El deterioro en la vía de ingreso tiene consecuencias directas en la calidad de vida de los habitantes del recinto. Dificulta la movilidad de las personas, el transporte de mercancías y la accesibilidad a servicios básicos, como atención médica y educación no cuentan con un sistema vial apropiado. Además, puede generar un aumento en los costos

de transporte y daños en vehículos debido a las condiciones de la vía, puede tener un impacto negativo en el desarrollo económico de la comunidad.

1.2 OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.2.1 Objetivo General

- Realizar una propuesta de diseño vial desde el km 51 de la autopista a la costa hasta el recinto San Cristóbal

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analizar el estado actual de la vía Tamarindo, mediante registros fotográficos.
- Registrar el volumen del Tráfico Promedio Anual (TPDA) desde el km 51 de la autopista a la costa hasta el recinto San Cristóbal
- Elaborar el diseño horizontal y vertical desde el km 51 de la autopista a la costa hasta el recinto San Cristóbal.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El mejoramiento vial del proyecto puede proporcionar una serie de beneficios significativos tanto para los residentes locales como para la comunidad en general, que pueda solucionar el problema de movilidad de las personas como de productos, que tiene al ingreso del recinto, es necesario mejorar el tramo actual, siempre y cuando el resultado se enmarque en la normativa del MTOP, teniendo en cuenta siempre la optimización de recursos.

“Una vía será funcional de acuerdo con su tipo, características geométricas y volúmenes de tránsito, de tal manera que ofrezca una adecuada movilidad a través de una velocidad de operaciones suficiente” (Cárdenas Grisales, 2013). De modo que, mejorando la accesibilidad permitirá un ingreso más fácil y rápido a las distintas áreas del recinto. Esto facilita el

desplazamiento de las personas hacia el trabajo, escuelas, hospitales, comercios entre otras instalaciones importantes. Lo cual puede aumentar la conectividad entre las comunidades vecinas, promoviendo la interacción social y económica.

Un mejoramiento vial puede incluir la ampliación de carreteras y sobre todo la implementación de la señalización adecuada y perfeccionar las condiciones de la infraestructura vial. Esto contribuye a crear entornos más seguros para los conductores y peatones reduciendo los riesgos de accidentes y lesiones.

Un sistema vial eficiente y de calidad puede influir positivamente en la economía del recinto. Facilita el transporte de mercancías y materias primas, mejorando la logística y reduciendo los costos de transporte, e impulsará el desarrollo urbano del recinto con la construcción de la vía existente puede conducir a la edificación de viviendas, establecimientos comerciales y otros proyectos de desarrollo. Un buen ordenamiento territorial puede contribuir a un crecimiento planificado y sostenible para el recinto.

Actualmente la vía, se encuentra en mal estado por las lluvias y el clima del sector, provocando el desgaste de esta, es por esto por lo que se ve la necesidad de implementar una estructura de pavimento para que pueda existir una circulación segura y confortable.

Se ha realizado un trabajo de campo visitando a los moradores y se ha llegado a la conclusión de que es necesario hacer un mejoramiento de las condiciones geométricas, estructuras y drenaje del pavimento.

Al contar con una mejor red vial, el tránsito se verá notablemente mejorado, acortando tiempo de traslado y mejorando el rendimiento de los vehículos, se verá notablemente mejorada la comercialización agrícola y ganadera, siendo una de las principales fuentes de ingreso de sus habitantes

El diseño de esta vía permitirá a la población acceder con más rapidez y seguridad a sus destinos, especialmente a los establecimientos educativos. En el diseño de esta vía se aplicarán normas vigentes, que, para nuestro país, han sido emitidas por el MTOP.

1.4 UBICACIÓN DEL PROYECTO

San Cristóbal, es un recinto perteneciente a la parroquia rural Juan Gómez Rendon perteneciente al cantón Guayaquil, provincia del Guayas. Guayaquil se encuentra en la zona noroeste de América del Sur, al oeste de Ecuador.



Ilustración 1 Ubicación Geográfica de la Provincia del Guayas

Fuente: (Map graphics revolution, 2013)

El área de San Cristóbal, situada en la parroquia rural de Juan Gómez Rendon, forma parte del cantón Guayaquil. Es una de las 16 parroquias urbanas que componen la ciudad y alberga alrededor de 450 familias, con un promedio de 4 integrantes por familia. Esto suma aproximadamente 1800 personas en total hasta el mes de junio de este año.



Ilustración 2 Ubicación Geográfica del Recinto San Cristóbal

Fuente: Google Earth Pro

1.4.1 Fotografías Del Estado Actual De La Vía De Estudio



Ilustración 3 Estado Actual de la Vía

Fuente: Autores



Ilustración 4 Estado Actual de la Vía

Fuente: Autores

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Carretera

Una carretera constituye una ruta de tránsito de propiedad y acceso público, diseñada principalmente para el desplazamiento de vehículos. Usualmente, se trata de vías pavimentadas de uso público destinadas al movimiento de vehículos. Estas carreteras pueden vincularse con propiedades adyacentes mediante puntos de entrada, y es crucial distinguirlas de las autopistas y autovías, que no permiten intersecciones ni cruces al mismo nivel. (Cárdenas Grisales, n.d.)

2.1.1 Clasificación Según El Desempeño De Las Carreteras.

- **Camino agrícola/forestal**

Con una amplitud total de 6 metros, una velocidad de diseño de 40 kilómetros por hora y una inclinación máxima del 16%. (Ecuatoriana Vial, 2013)

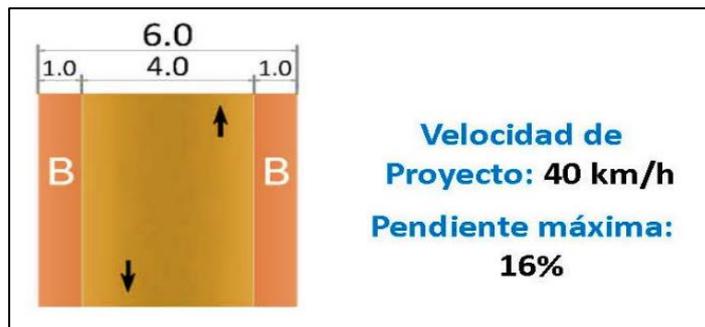


Ilustración 5 Camino Agrícola/Forestal

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

- **Camino Básico**

Con una amplitud total de 9 metros, una velocidad de diseño de 60 kilómetros por hora y una inclinación máxima del 14%. (Ecuatoriana Vial, 2013)



Ilustración 6 Camino Básico

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

- **Carretera Convencional Básica**

Con una amplitud total de 12 metros, una velocidad de diseño de 80 kilómetros por hora y una inclinación máxima del 10%. (Ecuatoriana Vial, 2013)



Ilustración 7 Carretera Convencional Básica

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

- **Carretera De Mediana Capacidad**

Cuando es estándar, tiene un ancho total de 14.3 metros; mientras que, en situaciones excepcionales, presenta un ancho total de 18 metros. La velocidad de diseño es de 100 kilómetros por hora, y la inclinación máxima es del 8%. (Ecuatoriana Vial, 2013)

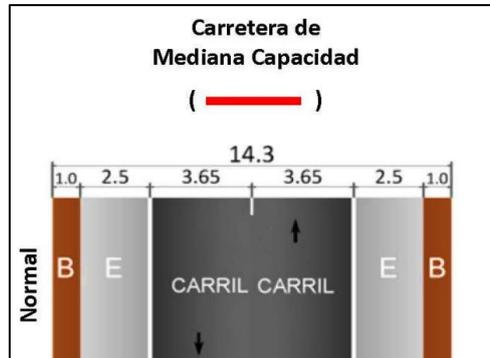


Ilustración 8 Carretera De Mediana Capacidad

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

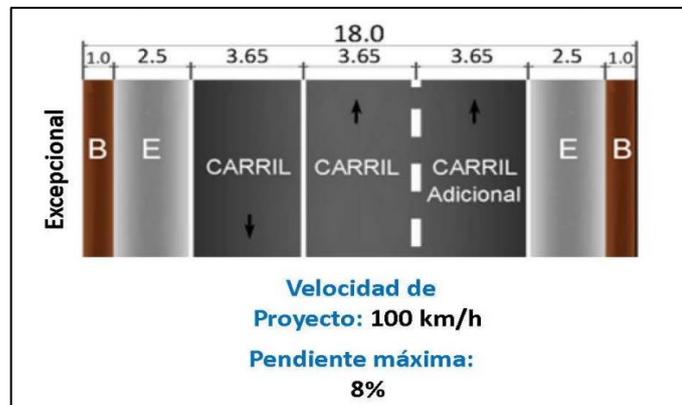


Ilustración 9 Carretera de Mediana Capacidad Excepcional

Fuente:(Ecuatoriana Vial, 2013)

- **Vías De Alta Capacidad Interurbana**

Con dimensiones de 26.6 metros en un caso y 34.6 metros en otro, una velocidad de diseño de 120 kilómetros por hora y una pendiente máxima del 6% (Ecuatoriana Vial, 2013).

Además, estas vías deben cumplir con una serie de requisitos adicionales:

1. Deberán contar con un control total de accesos para impedir conexiones desde propiedades adyacentes.
2. No podrán tener intersecciones con ninguna otra vía de comunicación.
3. Se requerirá la presencia de calzadas separadas para cada dirección de tráfico, a excepción de situaciones especiales.

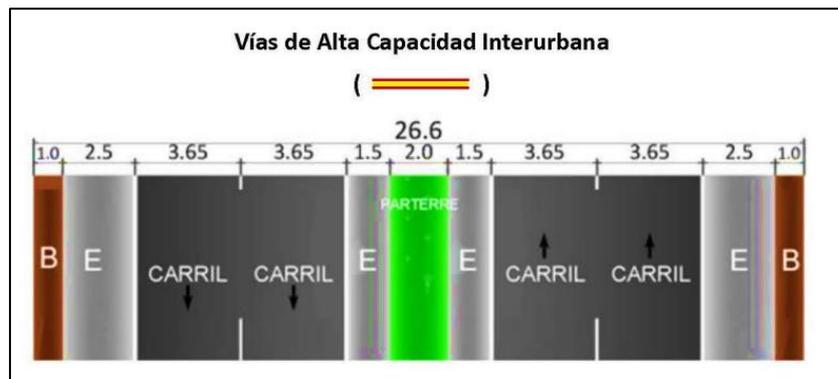


Ilustración 10 Vías de Alta Capacidad Interurbana (26,6m)

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

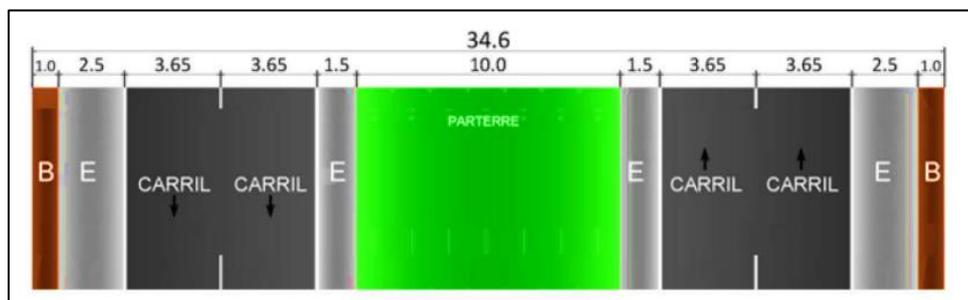


Ilustración 11 Vías de Alta Capacidad Interurbana (34,6m)

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

- **Vías De Alta Capacidad Urbana o Periurbana**

Con un ancho total de 48.6m, velocidad de proyecto de 100 km/h y una pendiente máxima del 8% (Ecuatoriana Vial, 2013).

Además, estas vías deben cumplir con una serie de requisitos adicionales:

1. Deberán contar con un control total de accesos para impedir conexiones desde propiedades adyacentes.
2. No podrán tener intersecciones con ninguna otra vía de comunicación.
3. Se requerirá la presencia de calzadas separadas para cada dirección de tráfico, a excepción de situaciones especiales.



Ilustración 12 Vías de Alta Capacidad Urbana o Periurbana

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

2.1.2 Clasificación Funcional Por Importancia En La Red Vial

- **Corredores Arteriales:**

Se trata de vías que enlazan las capitales provinciales, enlazan los puertos marítimos más importantes con aquellos del Oriente, o establecen conexiones en puntos fronterizos. Estas rutas se distinguen por su dinámica movilidad, pero su accesibilidad es limitada o regulada en diversos tramos. La ejecución de giros y maniobras está restringida y supervisada, y se han

establecido parámetros geométricos apropiados para garantizar una circulación eficaz y segura.(Ecuatoriana Vial, 2013)

- **Vías Colectoras**

Responsables de recopilar el flujo de tráfico proveniente de áreas rurales o regionales, con el propósito último de dirigir dicho tráfico hacia las arterias principales, todo ello respaldado por normas geométricas apropiadas. (Ecuatoriana Vial, 2013).

- **Caminos Vecinales**

Tienen la responsabilidad de recopilar el flujo de vehículos provenientes de comunidades rurales y áreas de cultivo.(Ecuatoriana Vial, 2013).

2.1.3 Clasificación Según las Condiciones Orográficas.

Estas categorías se organizan con base en la topografía natural del terreno, según se detalla en la tabla siguiente: "De acuerdo con el grado de inclinación promedio máximo de la línea de pendiente más pronunciada dentro de la franja original del terreno que atraviesa la carretera. (Ecuatoriana Vial, 2013)

Tabla 1 Clasificación de Carreteras Según Condiciones Orográficas

TIPO DE RELIEVE	MAXIMA INCLINACION MEDIANA
LLANO	$i \leq 5$
ONDULADO	$5 < i \leq 15$
ACCIDENTADO	$15 < i \leq 25$
MUY ACCIDENTADO	$25 < i$

Fuente:(Ecuatoriana Vial, 2013)

2.2 TIPO DE TERRENO

Hay varios tipos de terreno, cada uno con sus propias características y desafíos para la ingeniería civil, en función de su pendiente longitudinal según indicado por (Cárdenas Grisales, 2013).

- **Terreno plano**

Este tipo de terreno es relativamente uniforme y sin grandes fluctuaciones de elevación. Es común en regiones costeras y en algunas zonas de llanuras. La construcción en terrenos planos es relativamente sencilla, aunque puede presentar desafíos en términos de drenaje y erosión.

- **Terreno montañoso**

Este tipo de terreno es muy común en zonas de montañas y cordilleras. Presenta grandes fluctuaciones de elevación y puede ser muy escarpado. La construcción en terrenos montañosos puede ser muy desafiante debido a la necesidad de construir carreteras y puentes en terrenos empinados y rocosos.

- **Terreno desértico**

Este tipo de terreno se caracteriza por tener poca vegetación y una gran cantidad de arena y roca. La construcción en terrenos desérticos puede ser difícil debido a la falta de agua y la necesidad de construir carreteras y edificios que puedan soportar las altas temperaturas y las tormentas de arena.

- **Terreno pantanoso**

Este tipo de terreno se caracteriza por tener una gran cantidad de agua y vegetación. La construcción en terrenos pantanosos puede ser muy desafiante debido a la necesidad de construir carreteras y edificios en terrenos inestables y fangosos.

2.3 VEHÍCULO DE DISEÑO

Se trata de un concepto que alude a un modelo conceptual de un vehículo empleado en la planificación y diseño de carreteras, así como en otros proyectos relacionados con la ingeniería civil. Estos modelos se utilizan para determinar las dimensiones y características de una carretera, como el ancho de carril y la altura de los puentes, con el propósito de asegurar que la circulación vehicular transcurra de manera segura y efectiva. (Provincia et al., 2014)

Los vehículos diseñados se fundamentan en las dimensiones y atributos de los vehículos anticipados para emplear una carretera específica. Por ejemplo, en una carretera que se espera que sea utilizada principalmente por camiones grandes, el vehículo de diseño se basaría en las dimensiones y características de un camión grande típico.

Tabla 2 Características Tipos de Vehículo

Vehículo de diseño	A	B	C	R
Altura máxima (m)	2.40	4.10	4.10	4.30
Longitud máxima (m)	5.80	13.00	20.00	>20.50*
Anchura máxima (m)	2.10	2.60	2.60	3.00
Radios mínimos de giro (m)				
Rueda interna	4.70	8.70	10.00	12.00
Rueda externa	7.50	12.80	16.00	20.00
Esquina externa delante	7.90	13.40	16.00	20.00

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

CUADRO DEMOSTRATIVOS DE TIPO DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS REMOLQUES Y SEMIREMOLQUES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)				
				Largo	Ancho	Alto		
2 D			CAMIÓN DE 2 EJES PEQUEÑO	7	5,00	2,60	3,00	
2DA			CAMIÓN DE 2 EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50	
2DB			CAMIÓN DE 2 EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10	
3-A			CAMIÓN DE 3 EJES	27	12,20	2,60	4,10	
4-C			CAMIÓN DE 4 EJES	31	12,20	2,60	4,10	
4-0			CAMIÓN CON TAMDEN DI RECCIONAL Y TAMDEN POSTERIOR	32	12,20	2,60	4,10	
V2DB			VOLQUETA DE DOS EJES 8 m ³	18	12,20	2,60	4,10	
V3A			VOLQUETA DE TRES EJES 10-14 m ³	27	12,20	2,60	4,10	
VZS			VOLQUETA ZS DE 3 EJES 16 m ³	27	12,20	2,60	4,10	
T2			TRACTO CAMIÓN DE 2 EJES	18	8,50	2,60	4,10	
T3			TRACTO CAMIÓN DE 3 EJES	27	8,50	2,60	4,10	
S3			SEMIREMOLQUE DE 3 EJES	24	13,00	3,00	4,30	
S2			SEMIREMOLQUE DE 2 EJES	20	13,00	3,00	4,30	
S1			SEMIREMOLQUE DE 1 EJE	11	13,00	3,00	4,30	
R2			REMOLQUE DE 2 EJES	22	10,00	3,00	4,30	
R3			REMOLQUE DE 3 EJES	31	10,00	3,00	4,30	
B1			REMOLQUE BALANCEADO DE 1 EJE	11	10,00	3,00	4,30	
B2			REMOLQUE BALANCEADO DE 2 EJES	20	10,00	3,00	4,30	
B3			REMOLQUE BALANCEADO DE 3 EJES	24	10,00	3,00	4,30	

Ilustración 13 Tipos de Vehículos Motorizados Remolques y Semiremolques

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	>20,50	3,00	4,30

Ilustración 14 Posibles Combinaciones de Remolques y Semiremolques

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

2.4 DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

2.4.1 Topografía

La topografía se refiere a la disciplina que establece las dimensiones y la forma tridimensional de la superficie terrestre por medio de la medición de distancias, orientaciones y alturas. Asimismo, determina las líneas y niveles requeridos para la edificación de construcciones como edificios, carreteras, presas y otras infraestructuras. (Rincón et al., 2019)

Además de estas mediciones realizadas en campo, la topografía implica el cálculo de superficies, volúmenes y otras medidas cuantitativas, y la creación de representaciones gráficas y planos esenciales.

Los profesionales de la topografía emplean instrumentos como niveles y estaciones totales para evaluar la altitud, la distancia y la posición de puntos sobre la superficie terrestre. Estos datos se aprovechan para generar cartografía topográfica y representaciones digitales del relieve, las cuales son empleadas por ingenieros y arquitectos en la formulación y concepción de proyectos.

Además, la topografía también se utiliza en la construcción de infraestructuras, ya que los topógrafos pueden marcar las ubicaciones de los elementos del proyecto en el terreno y garantizar que se construyan de acuerdo con las especificaciones del diseño.

El levantamiento topográfico es una etapa crucial en el diseño de una vía, ya que proporciona información precisa sobre la topografía del terreno y otros elementos que deben considerarse al diseñar la vía.

En primer lugar, se debe planificar el levantamiento topográfico. Esto implica definir el área de estudio, establecer los puntos de control y determinar la densidad y el tipo de datos que se necesitan.

Los puntos de referencia son ubicaciones reconocidas en el terreno empleadas para asociar los datos adquiridos durante el proceso de relevamiento geoespacial. Estos puntos deben ser fácilmente identificables y situados en áreas que no sean susceptibles a cambios. Además, los puntos de referencia desempeñan un papel en la verificación de la exactitud del levantamiento.

La recopilación de información involucra la evaluación de la configuración del terreno mediante métodos de medición topográfica. Esto abarca la utilización de herramientas como estaciones totales, GPS, LiDAR y otros dispositivos de medición. Una vez capturados los datos, se origina una agrupación de puntos. Esta forma una representación tridimensional digital de la topografía del área. Esta agrupación de puntos se emplea para generar modelos digitales de elevación y otros datos indispensables para la planificación de la carretera.

- **Estación Total**

Una estación total es un dispositivo empleado en la topografía con el fin de efectuar mediciones precisas de ángulos horizontales, ángulos verticales y distancias. Combina un teodolito (instrumento de medición de ángulos) y un distanciómetro (instrumento de medición de distancias) en un solo dispositivo. (Rincón et al., 2019)

La estación total se utiliza para realizar levantamientos topográficos, trazar perfiles, establecer puntos de control y llevar a cabo mediciones detalladas de terrenos, construcciones u otros elementos geoespaciales. Suministra información exacta que se emplea en la elaboración y concepción de proyectos de ingeniería, la construcción de carreteras, la realización de levantamientos de terrenos, entre diversas aplicaciones. (Máster et al., 2014)

- **Prisma Topográfico**

Es un objeto utilizado como objetivo para realizar mediciones de distancias con una estación total o un teodolito. El prisma topográfico es un componente esencial en la medición electrónica de distancias (EDM) que utilizan estos instrumentos.

El prisma topográfico cuenta con una disposición única que posibilita reflejar la señal lumínica o láser emitida por la estación total o el teodolito. Está hecho de un material que tiene propiedades reflectantes y se coloca en una posición precisa en el terreno que se está midiendo.

Cuando la luz o el láser inciden sobre el prisma, este refleja la señal de vuelta hacia la estación total o el teodolito. El aparato registra el intervalo que la señal emplea en viajar de ida y vuelta, y con base en esto determina la distancia entre el dispositivo y el prisma.

2.4.2 Intensidad de Tráfico.

Se refiere a la cantidad de vehículos que una sección específica puede manejar en un lapso determinado, usualmente expresado en vehículos por hora. La intensidad de tráfico guarda relación con la densidad y la velocidad media momentánea, y define la conexión entre velocidad, densidad, distancia entre vehículos y capacidad. Su representación es la siguiente.

$$Q = N/T$$

Donde:

- Q = Vehículos que circulan por unidad de tiempo
- N = número total de vehículos que circulan
- T = periodo

En general los datos de volumen de tráfico se utilizan para el análisis del tránsito y transporte como:

- Clasificación de las carreteras

- Diseño geométrico de una carretera
- Análisis de capacidad y niveles de servicio

2.4.3 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) constituye una métrica aplicada en la ingeniería de tráfico para estimar la cantidad de circulación vehicular en una carretera durante un año específico. Este cálculo se obtiene al dividir el total de vehículos que atraviesan una sección de la vía durante un año entre la cantidad de días del mismo. Es fundamental reconocer que el TPDA puede experimentar notables variaciones de acuerdo con la ubicación y el momento del día.

El Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) posee una significativa relevancia en la fase de planificación y diseño de carreteras, dado que habilita a los ingenieros de tráfico para prever la demanda venidera de circulación vehicular y concebir vías capaces de gestionar dicho tráfico de manera segura y eficaz. El TPDA también se utiliza para calcular la capacidad de una carretera y para determinar si se necesitan mejoras o expansiones para satisfacer la demanda de tráfico existente o futura

- **Volumen de Tráfico.**

Representa la cantidad completa de vehículos que atraviesan una sección específica a lo largo de un intervalo temporal constante, comúnmente expresado en términos de vehículos por día.(AnzulesCarlos, 2016)

2.5 CARACTERÍSTICA GEOMÉTRICA DE UNA VÍA

Las propiedades geométricas de una vía, tal como una carretera, hacen referencia a las dimensiones y atributos físicos que establecen su diseño y disposición en el espacio.

Estas propiedades resultan fundamentales para asegurar una circulación vehicular segura y efectiva. Algunas de las atribuciones geométricas centrales de una vía comprenden:

1. Ancho de Carriles:

Corresponde a la separación entre los bordes internos de los carriles en la vía. La amplitud de los carriles difiere en función del tipo de carretera y su propósito.

2. Ancho de Calzada:

Es el ancho total de la parte pavimentada de la vía, incluyendo los carriles, los arcenes y otros elementos como medianas.

3. Arcenes:

Son zonas laterales que pueden estar pavimentadas o sin pavimentar, diseñadas para proporcionar espacio adicional entre los carriles y los márgenes de la vía. Pueden utilizarse para detenerse, maniobrar o como área de seguridad en caso de emergencias.

4. Mediana:

Es una zona dividida entre carriles en carreteras de múltiples carriles. Puede ser una isleta elevada o un área ajardinada, y su propósito es separar el tráfico en direcciones opuestas y mejorar la seguridad.

5. Radio de Giro:

Es el radio de una curva en una vía, que determina su suavidad o agudeza. Curvas con radios más grandes son más suaves y permiten velocidades más altas.

6. Super elevación o Perfil Transversal:

Corresponde al grado de inclinación hacia un lado en una curva, destinado a contrarrestar las fuerzas centrífugas y mantener el vehículo en la trayectoria apropiada.

7. Pendientes:

Señalan la inclinación vertical de la carretera. Las pendientes pueden ser ascendentes

(positivas) o descendentes (negativas), y tienen un impacto en la eficacia de la circulación vehicular.(Gómez Henry & Suquillo Jonathan, 2020)

8. Distancia de Visibilidad:

Es la distancia en la que un conductor puede ver claramente la vía hacia adelante. Esto es crucial para la seguridad al anticipar obstáculos o vehículos que se aproximan.

9. Radio de Curvatura Horizontal:

Se refiere a la curvatura de una curva en el plano horizontal, lo cual afecta la manera en que los vehículos realizan giros en la carretera.

10. Zonas de Transición:

Son áreas diseñadas para facilitar la transición suave entre diferentes características geométricas, como una curva y una recta.

11. Señalización y Marcas Viales:

Estas propiedades geométricas engloban asimismo señales viales, señalizaciones en el pavimento y otros elementos que suministran datos a los conductores.

2.5.1 Alineamiento Horizontal

La disposición horizontal es un componente esencial en la concepción de carreteras y rutas de transporte. Se refiere a cómo se traza la vía en el plano horizontal, es decir, cómo se curva o rectifica en relación con el terreno circundante. Esta disposición tiene un efecto directo en la seguridad, la conveniencia y la eficacia del flujo vehicular.

- Velocidad de diseño
 - Radio de curvatura
 - Longitud de transición
-
- Velocidad de diseño

La velocidad de proyecto es un elemento fundamental en la concepción y trazado de carreteras y rutas de transporte. Alude a la velocidad máxima a la que se anticipa que los vehículos circulen de forma segura y cómoda en una vía específica. La velocidad de diseño ejerce influencia sobre diversos elementos del trazado vial, como la disposición horizontal, la inclinación en las curvas, el peralte, la extensión de la visibilidad y la elección de materiales.

Tabla 3 Relación de la Velocidad de Operación con la Velocidad de Diseño Para Carretera de Dos Carriles

VELOCIDAD DE DISEÑO - Km/h	VELOCIDAD DE OPERACIÓN PROMEDIO - Km/h VOLUMEN DE TRÁNSITO		
	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: (Ecuatoriana Vial, 2013)

- Radio mínimo de curvatura

Los radios mínimos se establecen mediante los valores máximos del peralte y un coeficiente de fricción que considere la seguridad vial. El radio mínimo representa el valor más bajo necesario para una curva horizontal, asegurando la seguridad de los vehículos que transitan por la carretera o la calle.

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. Según (Ecuatoriana Vial, 2013)

La elección de radios más reducidos implica compromisos, pudiendo resultar en tasas incómodas de inclinación lateral o confiando en coeficientes de fricción lateral que podrían no ser asegurados por la adherencia de las llantas a la superficie de la carretera (factores como calidad, desgaste del grabado, presión, etc.). Una vez que se ha definido el factor máximo de inclinación lateral, es posible calcular los radios mínimos para las curvas horizontales empleando la fórmula siguiente:

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

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.

2.5.2 Distancia de Visibilidad

La distancia de visibilidad se define como la extensión requerida para que un conductor tenga una visión nítida y apropiada de la vía y los objetos que se encuentran en ella. Su relevancia para la seguridad vial radica en su capacidad para permitir que los conductores anticipen y respondan a potenciales obstáculos, vehículos u otras amenazas.

La distancia de visibilidad está determinada por varios factores, que incluyen:

- **Línea de visión**

Es la línea imaginaria que se extiende desde los ojos del conductor hasta el punto más lejano que puede ver en la carretera. Esta línea de visión puede estar obstruida por elementos como curvas, colinas, vegetación, edificios u otros vehículos.

- **Condiciones climáticas**

Las condiciones meteorológicas, como la niebla, lluvia intensa o nieve, pueden reducir significativamente la distancia de visibilidad. Estos factores disminuyen la claridad de la visión y requieren que los conductores reduzcan su velocidad y tomen precauciones adicionales.

- **Iluminación**

La visibilidad también depende de la iluminación en la carretera. Durante la noche o en áreas con iluminación deficiente, la distancia de visibilidad puede ser menor y los conductores deben confiar en las luces del vehículo para una visión adecuada.

- **Obstáculos en la carretera**

La presencia de árboles, edificios, vehículos estacionados u otros obstáculos puede reducir la distancia de visibilidad. Es importante mantener las carreteras despejadas y libres de obstáculos para garantizar una visibilidad óptima.

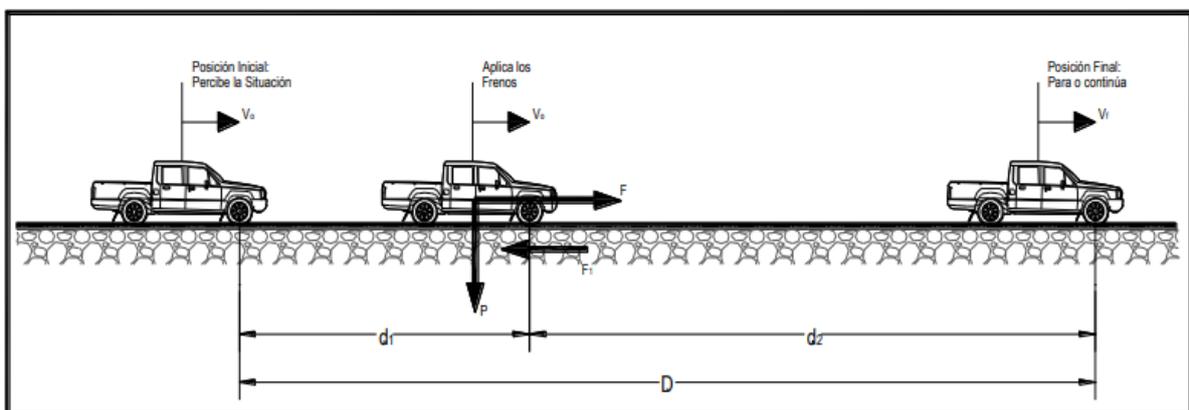


Ilustración 15 Distancia De Parada

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 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:” (Ecuatoriana Vial, 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.” (Ecuatoriana Vial, 2013)

Donde:

→ 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 4 Distancias de Parada y de Decisión en Terreno Plano

Velocidad de Diseño	Velocidad de Marcha	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción	Distancia de Frenado	Distancia de Parada
		tiempo (s)	Distancia (m)			
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40	8.8 - 8.8	30 - 30
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38	16.6 - 16.6	45 - 45
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35	24.8 - 28.1	57 - 63
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33	36.1 - 42.9	74 - 85
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31	50.4 - 62.2	94 - 111
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30	64.2 - 83.9	113 - 139
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30	77.7 - 106.2	131 - 169
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29	98.0 - 135.6	157 - 205
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28	116.3 - 170.0	180 - 246

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

B. En pendiente de bajada y subida

Tabla 5 Distancias de Parada en Pendiente de Bajada y Subida

Velocidad de Diseño	Distancia de Parada en Bajadas (m)			Distancia de Parada en Subidas (m)		
	3%	6%	9%	3%	6%	9%
30	30.40	31.20	32.20	29.00	28.50	28.00
40	45.70	47.50	49.50	43.20	42.10	41.20
50	65.50	68.60	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	160.50	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	256.90	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 6 Distancias de Decisión Para Evitar Maniobra

Velocidad de Diseño	Distancia de Decisión para Evitar la Maniobra (m)				
	a	b	c	d	e
50	75	160	145	160	200
60	95	205	175	205	235
70	125	250	200	240	275
80	155	300	230	275	315
90	185	360	275	320	360
100	225	415	315	365	405
110	265	455	335	390	435

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

2.5.3 Distancia de Visibilidad de Adelantamiento.

Es la distancia mínima de visibilidad necesaria para que un conductor pueda rebasar a otro vehículo que viaja en su mismo carril y dirección a una velocidad menor, sin perjudicar la velocidad del vehículo adelantado. Este adelantamiento se realiza de manera cómoda y segura, cruzando al carril contrario y manteniendo la visión constante del vehículo que se aproxima, a partir del inicio de la maniobra de adelantamiento.

El valor de esta distancia se obtiene a través de la suma de cuatro distancias individuales, las cuales se desglosan a continuación. Cada una de estas distancias se establece siguiendo las descripciones siguientes:

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

$$d_1 = 0.278 t_1 (v - m + a(t_1/2))$$

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:

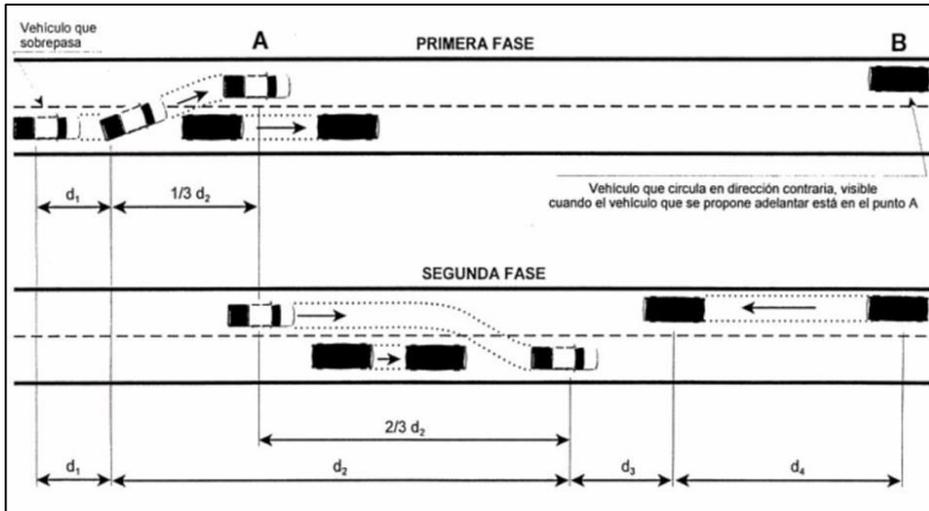
$$d_2 = 0.278 v t_2$$

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.

Ilustración 16 Etapas de Maniobra para Adelantamiento en Carreteras de 2 Carriles



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

Tabla 7 Distancias Mínimas de Diseño Para Carreteras Rurales de dos Carriles en Metros.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Velocidades Km/h		Distancia mínima 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 8 Parámetros Básicos

Velocidad promedio de adelantamiento (Km/h)	50 - 65	66 - 80	81 - 95	96 - 110
Maniobra Inicial	2.25	2.3	2.37	4.41
A= Aceleración promedio (km/h/s)				
t1 = tiempo (s)	3.6	4	4.3	4.5
d1 = distancia recorrida (m)	45	65	90	110
Ocupacion carril izquierdo				
t2 = tiempo (s)	9.3	10	10.7	11.3
d2 = distancia recorrida (m)	145	195	250	315
Longitud libre				
d3 = distancia recorrida (m)	30	55	75	90
Vehiculo que se aproxima				
d4 = distancia recorrida (m)	95	130	165	210
Distancia Total = d1+d2+d3+d4 (m)	315	445	580	725

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

2.6 CURVAS

2.6.1 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. (Ecuatoriana Vial, 2013)

$$G_c = 1145.92 / R$$

El radio de una curva horizontal es importante para determinar la velocidad segura de un vehículo al pasar por la curva. Una curva horizontal muy cerrada puede requerir una velocidad más baja para ser segura, mientras que una curva horizontal más suave puede permitir una velocidad más alta.

2.6.2 Curvas horizontales simple

Son las más habituales se usan para caminos utilizan un valor de radio determinado y sirven para conectar dos líneas rectas, se clasifican en los siguientes elementos: (Cárdenas Grisales, n.d.)

→ **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.

→ **α :** Ángulo de deflexión de las tangentes.

→ **Δ_c :** Ángulo central de la curvatura principal.

En curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes.

→ **θ :** 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:

$$\theta = G_c * 1/20$$

→ **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

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

→ **CL:** Cuerda larga.

Unión de los puntos de la curva PC y PT

$$CL = 2R \sin \alpha/2$$

→ **L:** Longitud del arco.

→ **Lc:** Longitud de la curva circular.

Distancia del arco entre PC y PT. Su fórmula es:

$$L_c = R \tan (\alpha/2)$$

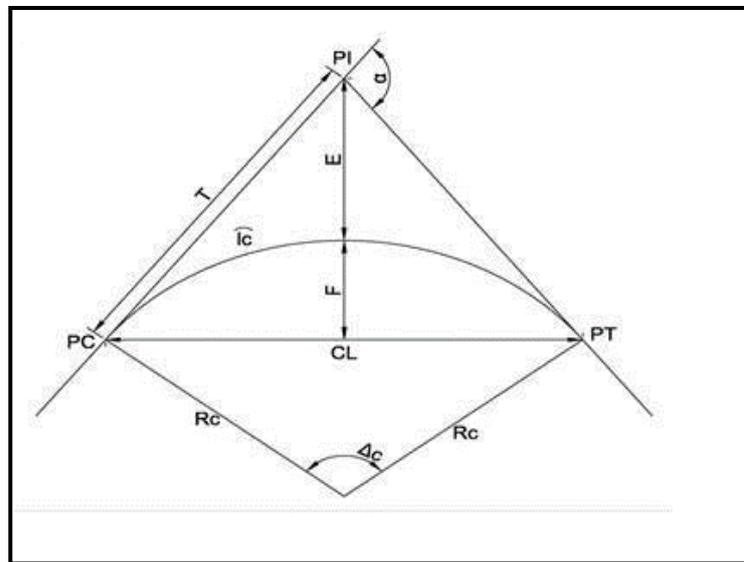


Ilustración 17 Curva Circular con sus Elementos

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

2.6.3 Sobreelevación

La inclinación lateral, conocida también como peralte, se refiere al ángulo que adopta una carretera o calle en el plano vertical. El peralte se utiliza para contrarrestar la fuerza centrífuga que afecta a un vehículo al transitar por una curva horizontal. El peralte permite que un vehículo

circule por una curva horizontal a una velocidad más alta sin desviarse del camino. La inclinación lateral se expresa en porcentaje y se calcula considerando el radio de la curva y la velocidad de diseño de la vía.

2.6.4 Factor máximo de fricción lateral y tasa de sobre-elevación o peralte.

El índice máximo de fricción lateral es un valor que señala la máxima resistencia lateral que puede enfrentar un vehículo al transitar por una curva horizontal sin salirse de la vía. Este dato se emplea para determinar la cantidad de inclinación lateral o peralte requerida en una curva horizontal. Este índice máximo de fricción lateral está condicionado por varios aspectos, como el tipo de vehículo, la velocidad de diseño de la carretera o calle, y las condiciones climáticas.

La medida de inclinación lateral o peralte es el grado en el que una carretera o calle se inclina en el plano vertical, utilizándose para contrarrestar la fuerza centrífuga que afecta a un vehículo al pasar por una curva horizontal. La determinación de esta inclinación se calcula en función del radio de la curva y la velocidad de diseño de la vía. Asimismo, la medida de inclinación lateral o peralte se encuentra influenciada por el índice máximo de fricción lateral y otros factores, tales como el tipo de vehículo y las condiciones atmosféricas.



NORMAS	CLASE I 3 000 – 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 – 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 – 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾											
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA								
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M			
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	50	40	50	35	25 ⁽²⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽²⁾			
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 ⁽²⁾						
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						
Peralte	MAXIMO = 10%																		10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																	
Coefficiente "K" para: ⁽²⁾																																				
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 ⁽³⁾ 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 ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																																			
Ancho de pavimento (m)	7,3						7,3						7,0						6,70						6,00						6,00 ⁽⁵⁾					
Clase de pavimento	Carpetas Asfálticas y Hormigón						Carpetas Asfálticas						Carpetas Asfálticas o D.T.S.B.						D.T.S.B., Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado											
Ancho de espaldones ⁽⁵⁾ 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						4,0 (C.V. Tipo 5 y 3E)						4,0											
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 3E)						—											
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																			
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																			
	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VÍA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																			
Ancho de la calzada (m)	0,50 m mínimo a cada lado																																			
Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾	Según el Art. 3° de la Ley de Caminos y el Art. 4° del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																			
Mínimo derecho de vía (m)	LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																																			

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

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

Ilustración 18 Valores de Diseño Recomendados para Carreteras de Dos Carriles y Caminos Vecinales

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

2.7 ESTUDIO DE SUELOS

2.7.1 Suelos

Suelos se refiere a los materiales naturales que componen la capa superficial de la Tierra y que interactúan con las estructuras construidas sobre ellos. El entendimiento de las propiedades y el comportamiento de los suelos resulta crítico para la planificación, construcción y mantenimiento de una variedad de infraestructuras civiles, incluyendo carreteras, puentes, edificios, fundamentos y represas. (Juarez Eulalio, 2005)

Las características físicas y mecánicas del suelo son fundamentales para entender su comportamiento ante cargas, movimientos y otros factores.

Propiedades físicas:

- Densidad
- Porosidad
- Textura
- Estructura
- Consistencia

Propiedades mecánicas:

- Capacidad de carga
- Compresibilidad
- Permeabilidad
- Cohesión
- Ángulo de fricción interna
- Compacidad

→ Suelo expansivo

2.7.2 Análisis Granulométrico

El análisis granulométrico constituye un método empleado para identificar la disposición de dimensiones de partículas existentes en un suelo. Constituye una etapa esencial en la descripción de suelos y entrega datos significativos acerca de la textura del suelo y su conducta en lo que respecta a aspectos como la permeabilidad, compacidad y otros elementos de relevancia.

Proceso del análisis granulométrico:

- Muestra de suelo
- Tamizado
- Fracciones de tamaños
- Curva granulométrica
- Cálculos adicionales

2.7.3 Ensayo Proctor

El ensayo de Proctor se trata de una prueba para la compactación del suelo, destinada a descubrir la densidad máxima en estado seco del suelo y la humedad óptima requerida para alcanzar dicha densidad. Hay dos tipos de ensayos Proctor: el Proctor Normal y el Proctor Modificado. El Proctor Normal tiene como finalidad determinar la densidad máxima en estado seco del suelo y la humedad idónea para conseguir tal densidad. Se realiza empleando un molde cilíndrico de 1 litro, que se llena con 3 estratos de material debidamente compactado mediante una maza de 2,5 kg, la cual cae libremente desde una altura de 305 mm.

El Proctor Modificado, por su parte, utiliza más energía, ya que involucra un pisón de mayor peso y una mayor altura de caída para la prueba. Además, se dispone de tres niveles de energía

de compactación (normal, intermedia y modificada) que se pueden aplicar en función del tipo de proyecto. El ensayo de Proctor es común en la construcción de carreteras, ferrocarriles y represas para asegurar que el suelo se encuentre compactado a la densidad y humedad necesarias. Los resultados del ensayo Proctor aportan datos acerca de la resistencia, rigidez y compresibilidad del suelo, factores cruciales para establecer la aptitud del suelo en obras de construcción. Los resultados del ensayo se ilustran en un gráfico que presenta la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca del suelo.

2.7.4 Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

El CBR (Índice de California Bearing Ratio) es un ensayo empleado para evaluar la resistencia de un suelo frente a la penetración de una placa estandarizada. El propósito del ensayo CBR radica en evaluar la capacidad de carga de terrenos compactados, como terraplenes, capas de pavimento y explanadas, así como en la clasificación de tipos de suelo. La prueba consiste en determinar la carga requerida para insertar un pistón circular en una muestra de suelo a una velocidad uniforme, hasta alcanzar una profundidad específica. Mediante este procedimiento se obtiene el Índice CBR, que representa la relación entre la carga obtenida en el ensayo y la carga obtenida bajo el mismo procedimiento para una muestra de roca triturada de referencia. Esta relación se expresa en forma de porcentaje.

2.8 CLASIFICACION DE LOS SUELOS

Los suelos se pueden clasificar en función de varias propiedades, como su textura, origen, composición mineral, estructura y características de comportamiento.

2.8.1 Clasificación según la textura

1. Suelo arenoso: Contiene una alta proporción de partículas de arena y tiene una textura granular. Tiende a ser drenante y puede carecer de retención de nutrientes.

2. Suelo limoso: Compuesto principalmente por partículas de limo. Es más fértil que los suelos arenosos debido a su capacidad para retener agua y nutrientes.
3. Suelo arcilloso: Contiene una alta proporción de partículas de arcilla. Tiene una textura pegajosa y puede retener mucha agua y nutrientes.

2.8.2 Clasificación según la composición mineral

1. Suelos minerales: Compuestos principalmente por minerales provenientes de la descomposición de rocas. Se subdividen según las proporciones relativas de arena, limo y arcilla.
2. Suelos orgánicos: Contienen una cantidad significativa de materia orgánica en descomposición, como hojas y plantas. Suelen ser ricos en nutrientes y son comunes en zonas húmedas.

2.8.3 Clasificación según su origen

1. Suelos residuales: Se forman en el lugar a medida que la roca madre se descompone y se transforma en suelo. Suelen estar influenciados por el tipo de roca madre y el clima local.
2. Suelos transportados: Se forman por la deposición de sedimentos transportados por el agua, el viento o el hielo. Pueden ser aluviales (depósitos de ríos), eólicos (depósitos de viento) o glaciales (depósitos de hielo).

2.8.4 Clasificación según su comportamiento

1. Suelos expansivos: Suelos como las arcillas expansivas que experimentan cambios volumétricos significativos en respuesta a cambios en la humedad.
2. Suelos colapsables: Suelos que pueden colapsar y reducir su volumen debido a la eliminación de agua o cargas aplicadas. Suelen ser suelos ricos en arcilla.
3. Suelos cohesivos: Suelos con partículas que tienen una alta cohesión interna, como las arcillas, lo que le confiere resistencia al corte.

2.8.5 Clasificación geotécnica

1. Suelos cohesivos: Incluyen arcillas y limos con propiedades cohesivas y plásticas.
2. Suelos granulares: Incluyen arenas y gravas que tienden a ser más drenantes, pero menos cohesivos.
3. Suelos orgánicos: Contienen una alta proporción de materia orgánica.

2.9 DISEÑO DEL PAVIMENTO

El proceso de diseño de pavimentos abarca la definición de las características y especificaciones técnicas requeridas para crear una superficie de rodadura apropiada. En este proceso se tienen en cuenta elementos como el tipo y la cantidad de tráfico, las condiciones climáticas, el tipo de suelo presente en la base, el propósito de la vía y las regulaciones locales.

Los elementos clave en el diseño del pavimento incluyen:

1. Evaluación del tráfico: Se examina la categoría y cantidad de vehículos que transitarán por la superficie del pavimento, además de su distribución en distintos carriles.
2. Análisis del suelo subyacente: Se investiga la composición del suelo en el área de construcción para determinar su capacidad de soporte y drenaje. Esto ayuda a seleccionar el espesor adecuado del pavimento.
3. Selección de materiales: Se determinan los materiales apropiados para las diversas capas del pavimento, que incluyen la subbase, la base y la capa de rodadura.
4. Diseño estructural: Se calculan los espesores y dimensiones necesarios para cada capa del pavimento, considerando el peso y distribución de las cargas de tráfico, así como la resistencia y durabilidad requeridas.
5. Drenaje: Se deben tener en cuenta las medidas de drenaje adecuadas para evitar la acumulación de agua en la superficie del pavimento, lo que puede causar daños.

6. Consideraciones climáticas: Las condiciones climáticas locales influyen en el diseño del pavimento. Por ejemplo, en áreas con temperaturas extremas o fuertes variaciones estacionales, se pueden requerir mezclas asfálticas especiales o tratamientos adicionales para resistir el deterioro.
7. Normativas y estándares: Se siguen las normativas y estándares establecidos por las autoridades locales o nacionales en cuanto a la construcción de pavimentos para garantizar la seguridad y calidad del diseño.

2.9.1 Pavimentos Flexibles

Un pavimento flexible es un tipo de superficie vial construida en múltiples capas, reconocido por su habilidad para doblarse o deformarse bajo las cargas generadas por el tráfico. Consiste en una serie de capas superpuestas diseñadas para distribuir de manera eficaz las cargas del tráfico y ofrecer un viaje suave y confortable para los vehículos. Los pavimentos flexibles tienen una amplia aplicación 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 extender la vida útil de la vía.

2.9.2 Características y componentes clave de los pavimentos flexibles

1. Capas superpuestas: Los pavimentos flexibles consisten en varias capas construidas sobre el terreno natural o una base estabilizada. Las capas incluyen la subrasante, subbase, base y capa de rodadura.
2. Capa de rodadura: Se trata de la capa superior del pavimento que entra en contacto directo con los neumáticos de los vehículos. Su función principal es resistir el desgaste ocasionado por el tráfico y ofrecer una superficie segura y uniforme para la conducción.
3. Base y subbase: Estas capas proporcionan soporte estructural y distribuyen las cargas del tráfico. La base puede estar formada por materiales de tipo granular, como por

ejemplo la grava, mientras que la subbase ofrece un soporte adicional y puede estar hecha de materiales más económicos. Los materiales utilizados para la subbase pueden ser agregados naturales como grava, arena o piedra triturada, o materiales estabilizados como mezclas de suelo y cemento. La elección del tipo de subbase y su grosor está condicionada por elementos como el flujo vehicular proyectado, las condiciones meteorológicas y el tipo de pavimento a ser instalado.

4. Refuerzo: En algunos casos, se pueden agregar geotextiles u otros materiales de refuerzo entre las capas para mejorar la capacidad de carga y reducir el agrietamiento.
5. Flexibilidad: La característica que diferencia a los pavimentos flexibles es su capacidad para deformarse ante las cargas generadas por el tráfico. Esta deformación contribuye a distribuir las cargas de manera homogénea y reduce la acumulación de tensiones que podría dar lugar a posibles daños.
6. Mantenimiento: Por lo general, los pavimentos flexibles necesitan un mantenimiento periódico, el cual puede involucrar la reparación de hoyos, la renovación de la superficie de rodadura y la rehabilitación de capas subyacentes en caso de ser necesario.
7. Drenaje: Resulta fundamental incorporar un sistema de drenaje efectivo al diseñar pavimentos flexibles para prevenir la retención de agua, lo cual podría debilitar las capas y disminuir la durabilidad del pavimento.
8. Economía: Los pavimentos flexibles pueden ser más económicos de construir en comparación con los pavimentos rígidos (como el concreto) en ciertos casos, especialmente cuando se trata de terrenos con condiciones cambiantes y cargas moderadas.

2.9.3 Subrasante

Es la capa de terreno natural sobre la cual se construye una carretera u otra infraestructura de transporte, y su preparación adecuada es esencial para la integridad y durabilidad de la obra.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

Este proyecto adopta un enfoque cuantitativo, fundamentándose en datos estrictamente numéricos como el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) y los parámetros del levantamiento topográfico. No obstante, también se requiere llevar a cabo un enfoque cualitativo para obtener una comprensión holística de la realidad social. A través de visitas de campo y la utilización del dron Mavic 2 Pro para realizar un levantamiento aerofotogramétrico, se logró observar la situación de la vía, el tipo de suelo y el clima predominante en la región.

3.1 Estudio Vial

La planificación y diseño de carreteras se benefician significativamente de los estudios viales. Estos estudios abarcan diversos aspectos, como la topografía del terreno, el flujo de tráfico, la señalización y la seguridad en la vía. En este contexto, los estudios topográficos adquieren un rol crucial, ya que posibilitan entender las particularidades del terreno, incluyendo aspectos como elevación y posición de puntos en una superficie dada. *(Ingeniería_de_Carreteras_Vol_II_Carlos_K, n.d.)*

3.2 Estudios Topográficos

Los estudios topográficos son una serie de acciones realizadas sobre un terreno con herramientas adecuadas para obtener una representación detallada de la superficie terrestre. Estos estudios permiten conocer con exactitud las características del terreno, como la elevación o cotas de los diferentes puntos de una superficie específica, así como las coordenadas exactas en donde se encuentran dichos puntos. Los estudios topográficos son de gran importancia para

la realización de cualquier tipo de obra que se vaya a ejecutar en una determinada parcela o terreno.(Máster et al., 2014)

3.3 Estudio De Tránsito

Un análisis de tráfico es una técnica empleada en topografía para examinar el movimiento de vehículos en una zona específica. Este análisis brinda información sobre la cantidad de vehículos que transitan por una vía, sus velocidades y la frecuencia de los desplazamientos. Este proceso es esencial en la planificación y diseño de carreteras y calles, ya que posibilita calcular la capacidad de la vía y la requerida expansión de las infraestructuras viales.

3.4. Conteo De Tráfico

El registro de tráfico es una herramienta empleada para evaluar la cantidad de vehículos que transitan en un área específica. Estos registros pueden efectuarse de manera automatizada, o manualmente por observadores que cuentan y registran visualmente el tráfico en un dispositivo electrónico portátil o en una hoja de conteo. Los conteos de tráfico son útiles para comparar dos o más carreteras y para identificar las rutas más utilizadas. También pueden ser utilizados para calcular el tráfico promedio diario anual (TPDA, por sus siglas en español), que es un indicador comúnmente utilizado para representar el volumen de tráfico.



Ilustración 19 Implantación de la Vía y Ubicación Para el Conteo Manual

Fuente: Google Earth

3.4.1 Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Este parámetro nos resulta útil para establecer la cantidad de vehículos que transitan diariamente por una vía determinada. El aforo se realizó en la abcisa 0+250 y en la abcisa 0+750

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		Nombre del proyecto:		PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTOBAL							
Fecha:		AFORO VEHICULAR									
Condición Climática:											
Hora de inicio		6:00 a. m.									
Hora final		18:00 p.m									
HORA	MOTO	LIVIANOS AUTOMOVILES	AUTOBUS	CAMIONES					TOTAL	Total de distribución en %	
				2-S 	3-S 	2-S1 	2-S2 	3-S2 			
6:00 - 7:00											
7:00 - 8:00											
8:00 - 9:00											
9:00 - 10:00											
10:00 - 11:00											
11:00 - 12:00											
12:00 - 13:00											
13:00 - 14:00											
14:00 - 15:00											
15:00 - 16:00											
16:00 - 17:00											
17:00 - 18:00											
TOTAL											
%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Ilustración 20 Formato Para el Conteo del TPDA

Fuente: Autores

3.4.2 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= 409 vehículos/día en ambos sentidos

3.4.3 Factor de ajuste mensual (Fm)

Este factor se determinó en relación con el mes en el que se efectuó el recuento de vehículos.

Tabla 9 Factor De Estacionalidad Mensual

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

Fuente: (T.A.M.S. – ASTEC, 2003)

Se empleará el factor correspondiente al mes de junio, resultando en un valor de 1,034.

3.4.4 Factor de ajuste diario

Este valor se obtendrá a partir del conteo de la semana.

Tabla 10 Determinación del Factor de Expansión

Días	Conteo Diario TD=(Vehículos/Día)	% del Conteo Diario TD/TPDS	Factor de Expansión FD=1/(TD/TPDS)
Lunes	394	0,96	1,04
Martes	390	0,95	1,05
Miércoles	386	0,94	1,06
Jueves	392	0,96	1,04
Viernes	426	1,04	0,96
Sábado	471	1,15	0,87
Domingo	401	0,98	1,02
Total	2860	1,00	1,00

Fuente: Autores

En consecuencia, el factor que logramos obtener es 1,00.

Para calcular el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), se emplea la ecuación siguiente:

$$TPDA = TPDS * (Fm) * (Fd)$$

$$TPDA = 409 * 1,034 * 1,00$$

TPDA= 424 vehículos/día en ambos sentidos

3.4.5 Tráfico Diario

Implica prever cómo variará el volumen de vehículos en un período específico de años.

$$\text{Tráfico asignado} = TPDA \text{ existente} + TG$$

Donde:

TG= Tráfico Generado= 25% TPDA Existente

Tráfico Generado= $0,25 * 424$

Tráfico Generado= 106

Con el valor del tráfico generado, podemos realizar la proyección a 20 años

Tabla 11 Composición del Tráfico

TIPO DE VEHICULO	NUMERO	%
LIVIANOS	343	81
BUSES	0	0
PESADOS	81	19
TOTAL	424	100

Fuente: Autores

Tabla 12 Tráfico Asignado

TIPO DE VEHICULO	NUMERO	%
LIVIANOS	429	81
BUSES	0	0
PESADOS	101	19
TOTAL	530	100

Fuente: Autores

3.4.6 Tráfico Proyectado

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

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

Donde:

Tf= Tráfico futuro o proyectado

Ta= Tráfico actual

i= Tasa de crecimiento vehicular

n= número de años para el cual está diseñado el proyecto

Serán utilizadas las tablas de crecimiento vehicular tomadas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, la cual se presenta a continuación:

Tabla 13 Tasas 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: (Ecuatoriana Vial, 2013)

Luego, se llevó a cabo la planificación del trazado de proyección a largo plazo, abarcando un horizonte de 20 años a partir del año 2023.

Tabla 14 Proyección de Tráfico a 20 Años

Año	n	Tipo de vehículo				
		Crecimiento %	Livianos	Crecimiento %	Pesados	Total
2023	0	3.37	429	2.02	101	530
2024	1	3.37	443	2.02	103	546
2025	2	3.37	458	2.02	105	564
2026	3	3.37	474	2.02	107	581
2027	4	3.37	490	2.02	109	599
2028	5	3.37	506	2.02	112	618
2029	6	3.37	523	2.02	114	637
2030	7	3.37	541	2.02	116	657
2031	8	3.06	558	1.84	118	676
2032	9	3.06	575	1.84	120	695
2033	10	3.06	592	1.84	123	715
2034	11	3.06	610	1.84	125	735
2035	12	3.06	629	1.84	127	756
2036	13	3.06	648	1.84	130	778
2037	14	3.06	668	1.84	132	800
2038	15	3.06	689	1.84	134	823
2039	16	3.06	710	1.84	137	847
2040	17	3.06	731	1.84	139	871
2041	18	3.06	754	1.84	142	896
2042	19	3.06	777	1.84	145	921
2043	20	3.06	801	1.84	147	948

Fuente: Autores

3.5 Clasificación actual de la vía

La categorización de la carretera se realiza considerando los criterios establecidos por las Normas de Diseño Geométrico del MTOP siendo una carretera de 2 carriles C2.

3.6 Estudio de Suelos

Se llevó a cabo una inspección que permitió evaluar el estado presente de la carretera. Para la recolección de muestras, se optó por una profundidad de 1,20 metros, con el objetivo de llevar a cabo los correspondientes ensayos, como el análisis granulométrico, la medición del contenido de humedad, la prueba CBR y el ensayo Proctor modificado.

3.6.1 Calicata

Las calicatas son excavaciones o perforaciones realizadas en el terreno para obtener información sobre sus características geológicas y geotécnicas. Se utilizan en campos como la

geología, la ingeniería civil y la construcción para realizar estudios de suelos y determinar las propiedades del terreno.

Las calicatas se realizan generalmente mediante la excavación manual o con maquinaria, como retroexcavadoras. Consisten en cavar un agujero vertical en el suelo, que puede tener diferentes profundidades dependiendo de los objetivos del estudio.

3.6.2 Granulometría

La granulometría es un ensayo que permite conocer las características de un suelo en base a la dimensión de sus granos o partículas. (Provincia et al., 2014)

Tabla 15 Granulometría

GRANULOMETRIA					
Tamiz #	Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	%Retenido acumulado	% Pasa
1''	25	43,3	3%	3%	97%
¾''	19	101,2	7%	10%	90%
½''	13	57,5	4%	14%	86%
3/8''	10	53	4%	17%	83%
4	5	132,8	9%	27%	73%
10	2	151,6	10%	37%	63%
20	0,85	179,3	12%	49%	51%
40	0,425	253,5	17%	67%	33%
100	0,15	348,4	24%	91%	9%
200	0,075	100,1	7%	97%	3%
FONDO		37,3	3%	100%	0%
TOTAL		1458	100%		

Fuente: Autores

Símbolo de grupo	Criterio
SW	Menos del 5% pasa por el tamiz N°200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ es mayor o igual a 6; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos del 5% pasa el tamiz N°200; no reúne los criterios para SW
SM	Más del 12% pasa el tamiz N°200; límites de Atterberg caen debajo de la línea-A (Figura 3.3) o $PI > 4$
SC	Más del 12% pasa el tamiz N°200; límites de Atterberg caen encima de la línea-A (Figura 3.3); $PI > 7$
SC-SM	Más del 12% pasa el tamiz N°200; límites de Atterberg caen en el área oscura marcada con Cl-ML en la Figura 3.3
SW-SM	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5 a 12; Reúne criterios para SW y SM
SW-SC	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5 a 12; Reúne criterios para SW y SC
SP-SM	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5 a 12; Reúne criterios para SP y SM
SP-SC	El porcentaje que pasa el tamiz N°200 está entre 5 a 12; Reúne criterios para SP y SC

Ilustración 21 Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Fuente: (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, n.d.)

3.6.3 Contenido de humedad

El nivel de humedad en el suelo es un parámetro que nos proporciona información sobre la cantidad de agua contenida en una medida específica de suelo. Este valor se obtiene mediante el uso de la siguiente fórmula: (Montejo Fonseca, 1998)

$$W = \frac{Pmh - Pms}{Pms} * 100$$

Donde:

Pmh= Peso muestra húmeda (g)

Pms= Peso muestra seca (g)

$$W = \frac{1568,2 - 1461,1}{1461,1} * 100$$

$$W = 7,33\%$$

3.6.4 Ensayo Proctor Modificado

La prueba de Proctor es ampliamente empleada en la industria de la construcción de carreteras, vías férreas y represas, con el propósito de verificar que el suelo esté compactado según las densidades y humedad requeridas. Los resultados obtenidos a través del ensayo Proctor suministran información relevante sobre la resistencia, rigidez y compresibilidad del suelo,

factores de gran importancia para evaluar la aptitud del terreno en cuestión para proyectos constructivos. Estos resultados son plasmados en un gráfico que ilustra la relación entre el contenido de humedad y la densidad seca del suelo.

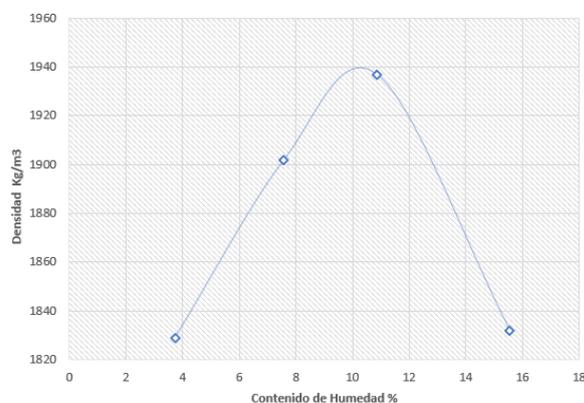


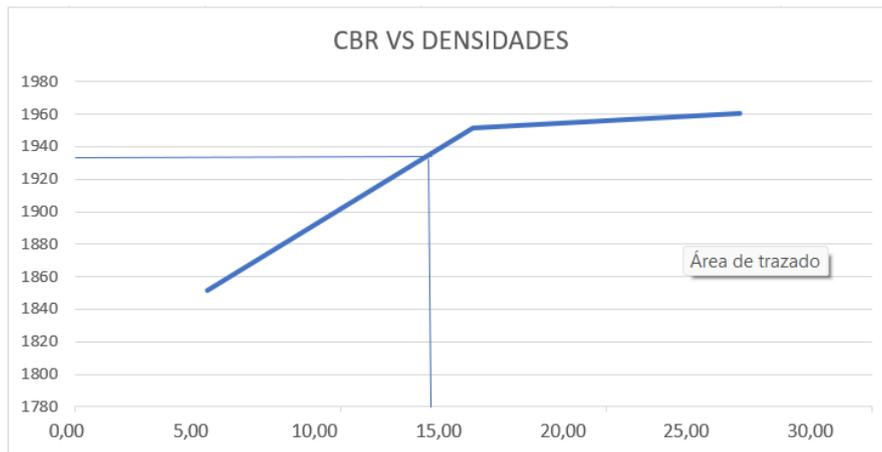
Ilustración 22 Ensayo Proctor

Fuente: Autores

Se determinó que a densidad máxima es 1937 Kg/m3 y la humedad óptima es 10,2%.

3.6.5 Ensayo CBR

El proceso implica determinar la carga necesaria para introducir un pistón circular en una muestra de suelo a una velocidad constante hasta alcanzar una profundidad específica. A partir de este procedimiento se calcula el Índice CBR, que es la relación entre la carga determinada y la requerida para lograr la misma penetración en una muestra de roca triturada estándar. El resultado se expresa en forma de porcentaje. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)



Se determinó un CBR del 15%

Ilustración 23 Resultados Ensayo CBR

Fuente: Autores

3.6.5.1 Selección del CBR de Diseño

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

No. de ejes de 8,2 Ton en el carril de Diseño Nt	Porcentaje a seleccionar para hallar la Resistencia
$<10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
$>10^6$	90

Ilustración 24 Limites Para la Selección de Resistencia

Fuente: (Ministerio de transporte y obras públicas, 2013)

Este proyecto arrojó un total de 174176 ejes en el carril de diseño, lo que conlleva a un valor percentil del 75% para su diseño.

3.6.6 Análisis del Estudio de Suelo

Una vez obtenido los resultados de los distintos ensayos, se logró determinar que el suelo predominante es SP, arena mal graduada.

3.7 PROPUESTA

3.7.1 Diseño Geométrico de la Vía

3.7.1.1 Diseño Horizontal

Se determinaron los siguientes parámetros para llevar a cabo el diseño horizontal.

- ✓ Velocidad de diseño

La velocidad de diseño impacta en todos los cálculos de elementos del diseño geométrico. Se determina considerando la topografía y el flujo de tráfico, mientras que el terreno llano establece el TPDA del proyecto, definiendo así nuestra vía de III orden.

Tabla 16 Velocidad de Diseño

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

Fuente: (Ecuatoriana Vial, 2013)

- ✓ Velocidad de Circulación

La velocidad de tránsito se determina mediante la siguiente fórmula, siempre que el TPDA 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

Distancia de visibilidad de parada.

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

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.

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

$$f = \frac{1,15}{(90)^{0,3}}$$

$$f = 0,30$$

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

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

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

Distancia de visibilidad de adelantamiento

La distancia de adelantamiento mínima en relación con la velocidad de proyecto es de 605 metros, obtenida a través de la Tabla 8.

Tabla 17 Distancia de Velocidad de Adelantamiento Para Carreteras Rurales de Dos Carriles

VELOCIDAD DE DISEÑO	VELOCIDADES Km/h		DISTANCIA MINIMA DE ADELANTAMIENTO O (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: (AASHTO, A policy on Geometric Design of Highways and streets)

3.7.1.2 Sección transversal

Según la clasificación, la vía que estamos analizando pertenece a la categoría de carretera Clase III – Absoluta, ya que su TPDA se sitúa en el intervalo de 300 a 1000 vehículos proyectados, y el terreno es plano.

3.7.2 Diseño pavimento flexible

3.7.2.1 Método AASHTO 93

El enfoque principal del método AASHTO 93 radica en determinar el número estructural SN para el pavimento flexible, capaz de sostener la carga requerida. La ecuación de diseño asociada a este método es la siguiente:

$$\log_{10} Wt_{18} = Z_r * S_o + 9,36 * \log_{10}(SN + 1) - 0,20 \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32$$

$$* \log_{10} Mr - 8,07$$

Wt18: Cantidad de ciclos de carga equivalentes a 80 KN acumulados durante el período de diseño

Zr: Valor desviador en una curva de distribución normal en función de la confiabilidad del diseño Φ .

So: Desviación estándar del sistema.

Δ PSI: Pérdida 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 que transitarán por el carril durante el período de diseño.

Tabla 18 Valores Propuesto para el Periodo de Análisis

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

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

Se selecciona un período de diseño de 20 años, el cual está en concordancia con el rango recomendado para los períodos de evaluación.

Tipo de vehículo	Categoría	Carga por ejes (Ton)			%	Factor de Cargas Equivalente		Factor Camion
		Delantero	Intermedio	Posterior		NE=2	PT=2	
	LIVIANOS	1	0	2	81	0.0005	0.0048	0.004
	BUSES	4	0	10	0	0.055	2.44	0.168
	CAMION 2-S	6	0	12	9	0.2736	5.63	0.376
	CAMION 3-S	6	0	20	10	0.2736	5.63	0.376
	CAMION 2-S1	6	12	12	0			
	CAMION 2-S2	6	12	20	0			
	CAMION 3-S2	6	20	24	0			

Ilustración 25 Determinación del Factor Camión

Fuente: Autores

Los pesos por eje y los coeficientes de carga se extrajeron de los anexos de la Guía de Diseño Estructural de Pavimentos AASHTO-93.

TIPO DE VEHÍCULO	NUMERO	FACTOR CAMION	DIAS DEL AÑO	FACTOR DE CRECIMIENTO /20 AÑOS	ESAL'S DISEÑO
LIVIANOS	429	0.004	365	27.03	16929.9702
BUSES	0	0.168	365	23.42	0
CAMION 2-S	48	0.376	365	23.91	157507.6032
CAMION 3-S	53	0.376	365	23.91	173914.6452
CAMION 2-S1	0		365		
CAMION 2-S2	0		365		
CAMION 3-S2	0		365		
TOTAL DE ESAL'S					348352.2186
FACTOR DE DISTRIBUCION DE CARRIL		F.C.	1		
FACTOR DIRECCIONAL		D	0.5		
ESAL'S EN CARRIL DE DISEÑO					174176.1093

Ilustración 26 Número de Ejes Equivalentes Esal's Para el Periodo de Diseño

Fuente: Autores

3.7.2.2 Confiabilidad R

La Confiabilidad de Diseño reviste importancia en el proceso de diseño, al vincular el rendimiento del pavimento con las influencias externas. La selección del valor se basa en la clasificación funcional de la vía.

Tabla 19 Niveles Recomendados de Confiabilidad

CLASIFICACION DE LA VIA	URBANA	RURAL
Autopistas	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)

Optamos por un valor del 70%, dado que la vía está situada en una región rural.

3.7.2.3 Desviación estándar 'Zr'

La desviación estándar se determina en relación con la confiabilidad, y su valor se puede consultar en la siguiente tabla.

Tabla 20 Valores de Desviación Estándar

CONFIABILIDAD (R)	VALOR DE ZR
50	0.000
60	0.253
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 (70%), en la tabla de valores de desviación estándar se encuentra que ZR equivale a -0,524.

3.7.2.4 Desviación Estándar del Sistema 'So'

Este factor de diseño está relacionado con las circunstancias locales, abarcando potenciales fluctuaciones en el desempeño del pavimento y las estimaciones de tráfico. La Guía de Diseño AASHTO-93 sugiere una desviación estándar recomendada de $S_o = 0,45$.

3.7.2.5 Índice de servicialidad "ΔPSI".

Este factor señala el nivel de comodidad que la superficie de rodadura ofrece una vez construida. El índice de servicialidad refleja la discrepancia entre la servicialidad inicial y la final. Según el Método AASHTO-93, para un pavimento flexible, se emplea un valor inicial de 4.2 y uno final de 2.0 al final de su vida útil.

Es decir

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

$$\Delta PSI = 2.20$$

3.7.2.6 Módulo de Resiliente de la subrasante 'Mr'

El Módulo Resiliente de la subrasante se define como el valor máximo en el que el material deja de deformarse plásticamente. Según el Método de Diseño AASHTO-93, se sugiere la siguiente ecuación de correlación para CBR entre 7.2% y 20%.

$$Mr = 3000 (CBR)^{0,65}$$

$$Mr = 3000 (15)^{0,65}$$

$$Mr = 17441 \text{ ps}$$

3.7.2.7 Determinación de coeficientes estructurales

Utilizamos la siguiente fórmula para calcular los espesores de las capas que componen el pavimento:

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

- 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

Ingresamos con el valor del módulo de elasticidad del concreto asfáltico de 3000 Mpa = 435000 lb/pulg² a 20°C.

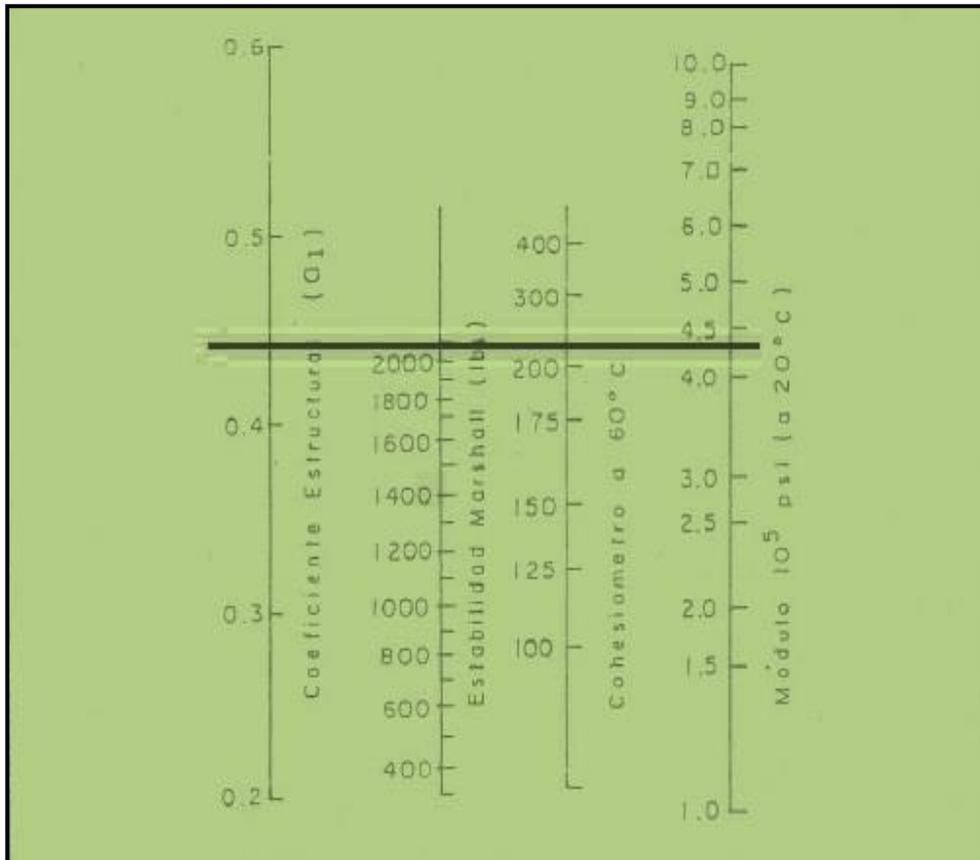


Ilustración 27 Valores de Coeficiente Estructural Para Mezclas Asfálticas

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

Tal como se muestra en la ilustración 28, en este diseño, el coeficiente estructural de la capa de mezcla asfáltica es de 0,44.

✓ Coeficientes Estructural de la capa base

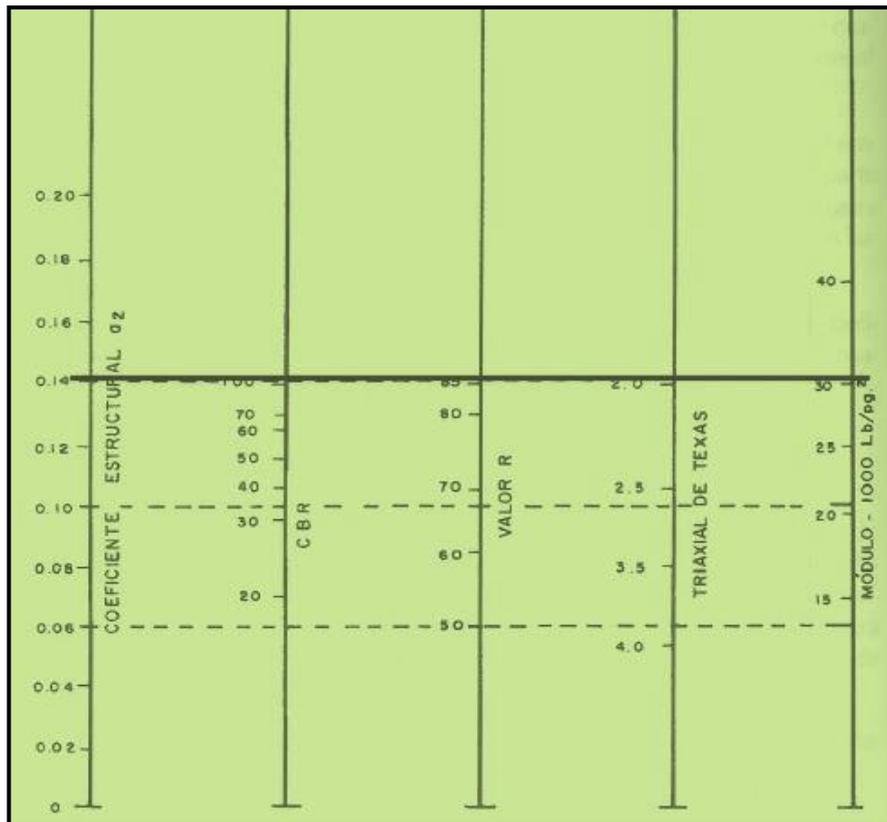


Ilustración 28 Valores de Coeficiente Estructural Para Bases Granulares

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

Dentro de las especificaciones generales del MTOP, en la sección 404, se establece que la capa base debe tener un valor de soporte CBR igual o superior al 80%. Para calcular el módulo resiliente de la base granular, emplearemos la información de la figura 28. Por lo tanto, con un $CBR > 80\%$, se obtienen los siguientes valores: el módulo de elasticidad de la base (E_b) es de 30,500 psi y el coeficiente estructural de la capa (a_2) es de 0,14 psi.

✓ Coeficiente estructural de la capa Sub-base

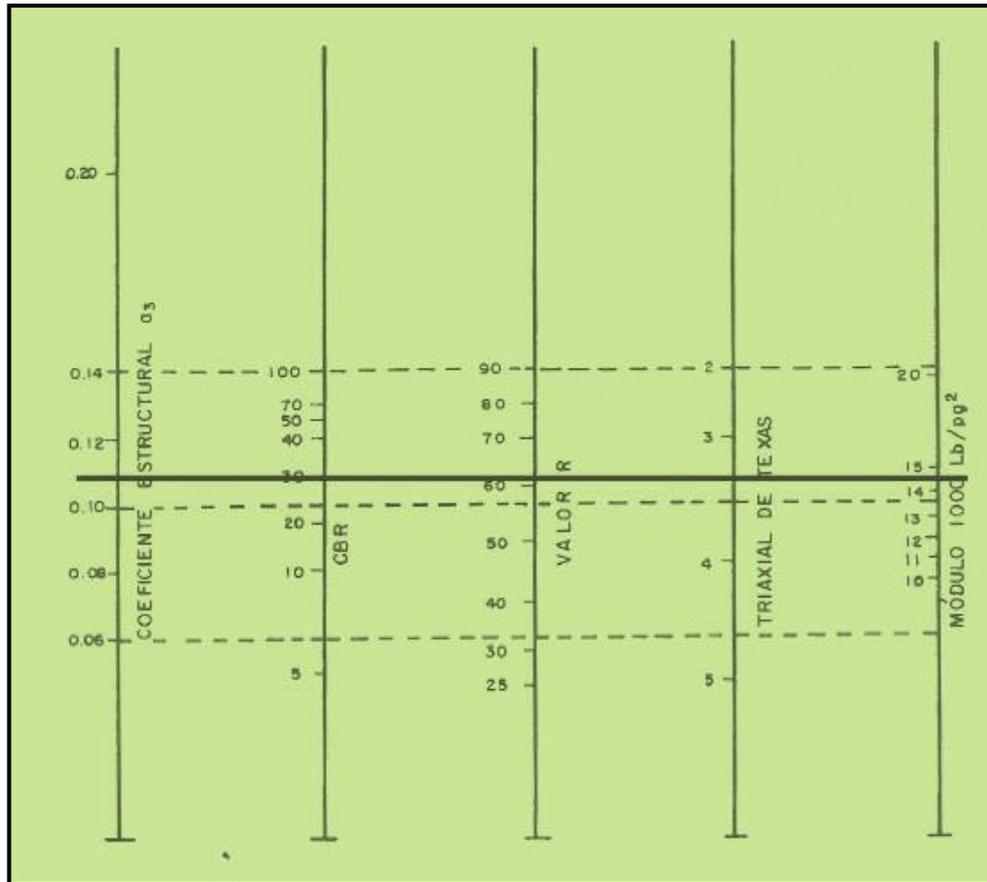


Ilustración 29 Valores de Coeficientes Estructural Para Sub-bases Granulares

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

En las especificaciones generales del MTOP, en su sección 404, se establece que la capa sub-base debe contar con un valor de soporte CBR igual o superior al 30%. Para calcular el módulo resiliente de la sub-base granular, utilizaremos la información de la figura 29. Con un CBR > 30%, se obtienen los siguientes valores: el módulo de elasticidad de la sub-base (E_{sb}) es de 14,950 psi y el coeficiente estructural de la capa (a_2) es de 0,11 psi.

3.7.2.8 Factores de drenaje 'Cd'

El Método AASHTO 93 presenta un sistema para ajustar los coeficientes estructurales considerando la calidad de drenaje del pavimento. Se asume un tiempo de drenaje de 1 día para la subbase, lo que la clasifica como un drenaje bueno según la ilustración 30.

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO RECOMENDADO DE SALIDA DEL AGUA			
EXCELENTE	2 HORAS			
BUENO	1 DIA			
REGULAR	1 SEMANA			
MALO	1 MES			
MUY MALO	NO DRENA			
CALIDAD DE DRENAJE	Porcentaje de tiempo con la estructura expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Menor 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mayor 25%
EXCELENTE	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
BUENO	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
REGULAR	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
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

Ilustración 30 Características de Drenaje del Material de Base y/o Sub-base

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

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.

3.7.2.9 Calculo de la estructura del pavimento

3.7.2.9.1 Calculo de Número estructural.

Una vez completados los cálculos anteriores, avanzamos al cálculo del número estructural SN que el diseño proyecta para W18, utilizando la ecuación general correspondiente.

So	<input type="text" value="0,45"/>	Δ PSI:	<input type="text" value="2,20"/>
Confiabilidad:	<input type="text" value="70%"/> ▼	Mr (lb/pulg ²):	<input type="text" value="17441"/>
Zr:	<input type="text" value="-0,524"/>	<input type="button" value="Calcular"/>	
W18:	<input type="text" value="0174176,10"/>	SN:	<input type="text" value="1.63"/>

Ilustración 31 Cálculo de Número Estructural

Fuente: Autores

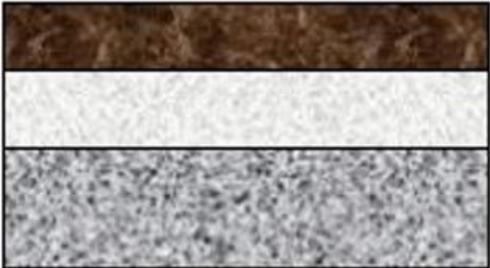
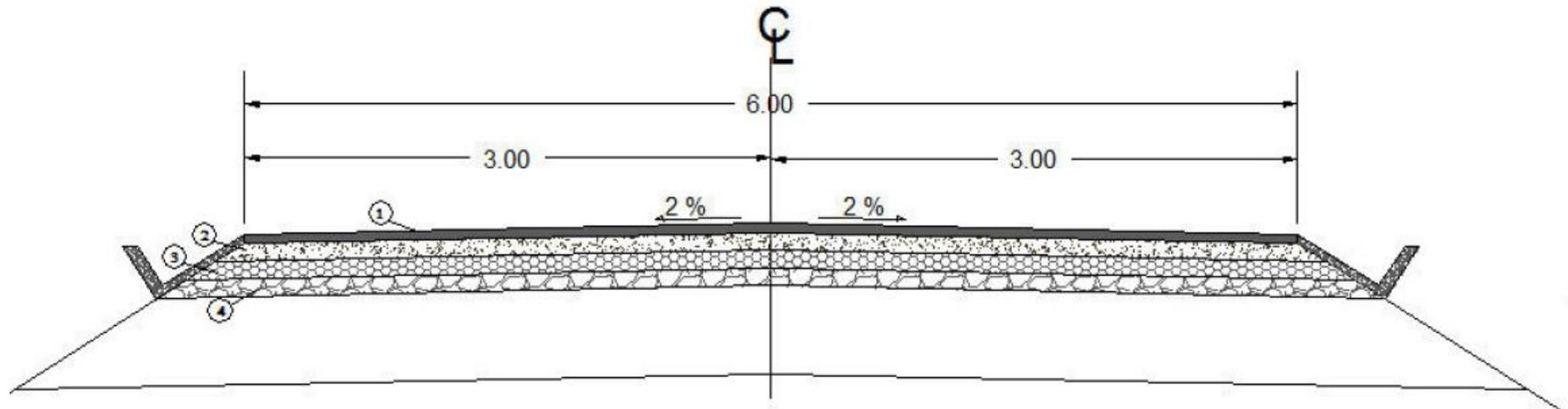
	Concreto Asfáltico	3 pulgadas	7,5 cm
	Base clase 1	4 pulgadas	10 cm
	Sub- Base	5 pulgadas	12,5 cm

Ilustración 32 Espesores de la Capa del Pavimento

Fuente: Autores



- 1) Carpeta Asfáltica= 7,5 cm
- 2) Base Granular= 10 cm
- 3) Sub-base= 12,5 cm

Ilustración 33 Sección Típica Propuesta

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En conclusión, el proyecto técnico tiene una longitud 1+227,21 en donde el análisis parte en el comienzo de la intercepción de la autopista a la costa y vía tamarindo, en este punto la calle se encuentra en estado defectuoso (con ciertas fallas en su capa lastrada), durante el transcurso de la visita se observó que la carretera presenta fallas en un grado menor, además de no contar con la respectiva señalética hasta la entrada al recinto San Cristóbal, en la cual también presenta ciertos problemas en su estructura.

Utilizando los datos registrados en el TPDA, se logró llevar a cabo una estimación de la circulación vehicular en los próximos 20 años. De acuerdo con la categorización establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, es una vía de III orden, terreno plano. Por lo tanto, se tomó en cuenta una velocidad de diseño de 90 km/h para calcular los diversos elementos del diseño longitudinal.

Durante el diseño de la carretera se utilizaron las normas MTOP y AASTHO-93, en la cual nos indica que el radio de curvatura mínimo es de 275 m según la MTOP, lo que facilita a realizar 3 curvas en el diseño, además de considerar dos carriles, uno de ida y otro de retorno. En el diseño no contemplamos el desarrollo del proyecto verticalmente, debido a que su máximo desnivel es de 0,75 m, ya que sus elevaciones mínimas y máximas son de 9,25 m y 10,00 m respectivamente, lo que conlleva a ser un diseño óptimo para este proyecto.

4.2 Recomendaciones

Con el fin de prevenir posibles desacuerdos, fomentar la comunicación con los residentes de las áreas circundantes, al mismo tiempo detallar aspectos positivos que la construcción de la vía traerá consigo.

Dado el entorno rural de la zona, se sugiere ofrecer una charla a los residentes locales acerca de educación vial. Durante esta sesión, se podría explicar a cada individuo el propósito detrás de las diferentes señales de tránsito, con el fin de prevenir cualquier posible accidente.

Después de la implementación exitosa del proyecto, resulta de gran importancia llevar a cabo inspecciones regulares. Esto permitirá tomar las medidas apropiadas en caso de que surja algún tipo de deterioro en la estructura.

BIBLIOGRAFIA

- American Association of State and Transportation Highway Officials. (1997). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTOS*.
- Anzules Carlos. (2016). *DISEÑO VIAL DESDE EL RECINTO LA BELGICA HASTA EL RECINTO RABASCO DEL CANTÓN SALITRE PROVINCIA DEL GUAYAS*.
- Cárdenas Grisales, J. (n.d.). *Diseño geométrico de carreteras, 2da Edición*.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras, 2da Edición*.
- Ecuatoriana Vial, N. (2013). *MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE VOLUMEN Nº 2-LIBRO A NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES*.
- Gómez Henry, & Suquillo Jonathan. (2020). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA CIVIL Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO CIVIL TEMA: DISEÑO VIAL PARA LA AMPLIACIÓN, RECTIFICACIÓN Y ASFALTADO DE LA VÍA QUE INTERCONECTA LA PRE-COOPERATIVA MARISCAL SUCRE-COMUNIDAD BRISAS DEL JIVINO, LONGITUD=6.138 KM, PARROQUIA LA JOYA DE LOS SACHAS, CANTON LA JOYA DE LOS SACHAS, PROVINCIA DE ORELLANA*.
- Ingenieria_de_Carreteras_Vol_II_Carlos_K.* (n.d.).
- Juarez Eulalio, R. A. (2005). *mecanica-de-suelos-tomo-1-juarez-badillo*. 1, 644.
- Map graphics revolution. (2013). *Physical Map of Guayas*.
www.maphill.com/ecuador/guayas/maps/physical-map/
- Máster, F. :, Navarro, S. J., & Página, H. (2014). *Topografía-Introducción a la Topografía 2014 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA RECINTO AUGUSTO C. SANDINO*.
<http://sjnavarro.wordpress.com/>
- Ministerio de transporte y obras publicas. (2013). *VOLUMEN Nº 2-LIBRO B NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑO VIAL*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*. 1269.
- Montejo Fonseca, Alfonso. (1998). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Universidad Católica de Colombia.
- Provincia, L. A., Pastaza, D. E., Javier, G., & Soria, V. (2014). *UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL DISEÑO DE LA VÍA SIMÓN BOLÍVAR-NUEVA SUCRE EN*.
- Rincón, M. A., Wilson, V., Vargas, E., Carlos, V., & Vergara, J. G. (2019). *CONCEPTOS Y APLICACIONES TOPOGRAFÍA*.
- T.A.M.S. - ASTEC. (2003). *NORMAS DE DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS*.
- Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (n.d.). *CLASIFICACIÓN DEL SUELO CLASIFICACIÓN DEL SUELO*.

ANEXOS

ANEXO 1. TABLAS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		Nombre del proyecto:	PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTOBAL							AFORO VEHICULAR	
Fecha:		12/6/2023									
Condición Climática:		SOLEADO									
Hora de inicio		6:00 a. m.									
Hora final		18:00 p.m									
HORA	MOTO	LIVIANOS AUTOMOVILES	AUTOBUS	CAMIONES					TOTAL	Total de distribución en %	
				2-S 	3-S 	2-S1 	2-S2 	3-S2 			
6:00 - 7:00	11	7	0	3	0	0	0	0	21	5%	
7:00 - 8:00	19	13	0	0	0	0	0	0	32	8%	
8:00 - 9:00	10	9	0	4	6	0	0	0	29	7%	
9:00 - 10:00	11	10	0	9	4	0	0	0	34	9%	
10:00 - 11:00	13	10	0	4	4	0	0	0	31	8%	
11:00 - 12:00	16	11	0	6	5	0	0	0	38	10%	
12:00 - 13:00	18	8	0	7	7	0	0	0	40	10%	
13:00 - 14:00	11	13	0	8	4	0	0	0	36	9%	
14:00 - 15:00	13	11	0	6	1	0	0	0	31	8%	
15:00 - 16:00	11	16	0	3	3	0	0	0	33	8%	
16:00 - 17:00	10	17	0	4	4	0	0	0	35	9%	
17:00 - 18:00	17	11	0	2	4	0	0	0	34	9%	
TOTAL	160	136	0	56	42	0	0	0	394	100%	
%	41%	35%	0%	14%	11%	0%	0%	0%	100%		

Ilustración 34 TPDA Registrado el 12 de Junio 2023

Fuente: Autores

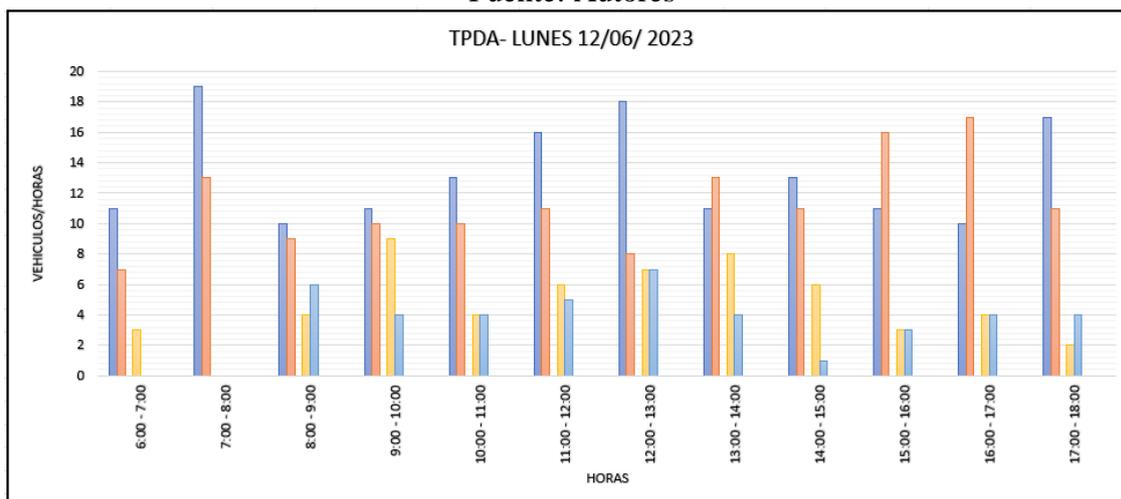


Ilustración 35 Representación en Histograma del TPDA 12/06/2023

Fuente: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		Nombre del proyecto:	PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTOBAL							
Aforo Vehicular										
Fecha:		13/6/2023								
Condición Climática:		SOLEADO								
Hora de inicio		6:00 a. m.								
Hora final		18:00 p.m								
HORA	MOTO	LIVIANOS AUTOMOVILES	AUTOBUS	CAMIONES					TOTAL	Total de distribución en %
				2-S 	3-S 	2-S1 	2-S2 	3-S2 		
6:00 - 7:00	19	5	0	0	0	0	0	0	24	6%
7:00 - 8:00	20	7	0	0	0	0	0	0	27	7%
8:00 - 9:00	16	9	0	1	2	0	0	0	28	7%
9:00 - 10:00	19	15	0	8	1	0	0	0	43	11%
10:00 - 11:00	11	10	0	7	3	0	0	0	31	8%
11:00 - 12:00	17	13	0	4	5	0	0	0	39	10%
12:00 - 13:00	16	9	0	3	7	0	0	0	35	9%
13:00 - 14:00	17	11	0	4	5	0	0	0	37	9%
14:00 - 15:00	20	13	0	7	0	0	0	0	40	10%
15:00 - 16:00	17	10	0	2	4	0	0	0	33	8%
16:00 - 17:00	19	8	0	2	1	0	0	0	30	8%
17:00 - 18:00	13	7	0	3	0	0	0	0	23	6%
TOTAL	204	117	0	41	28	0	0	0	390	100%
%	52%	30%	0%	11%	7%	0%	0%	0%	100%	

Ilustración 36 TPDA Registrado el 13 de Junio 2023

Fuente: Autores

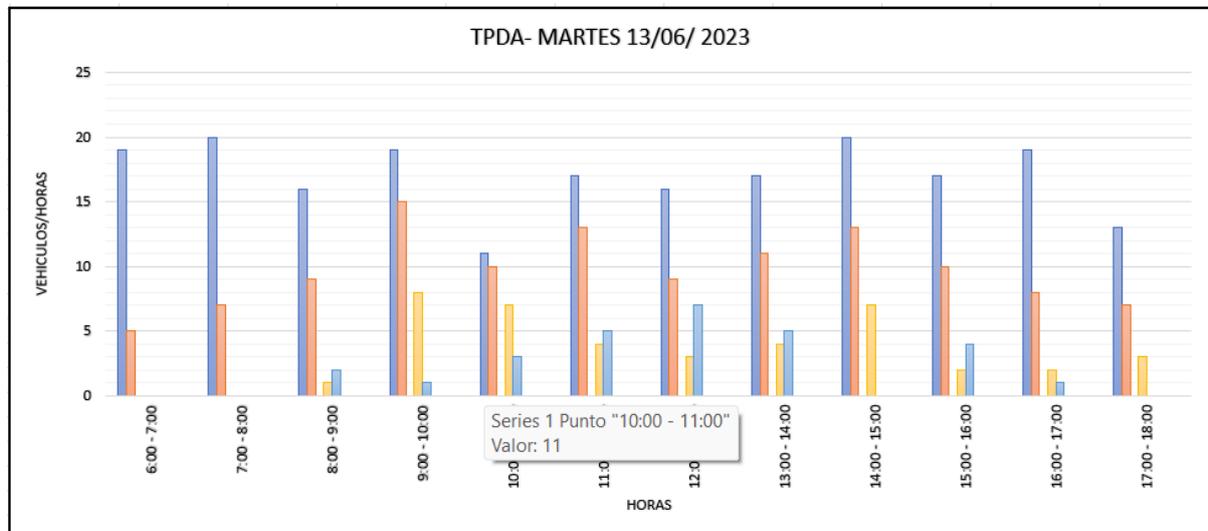


Ilustración 37 Representación en Histograma del TPDA 13/06/2023

Fuente: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		Nombre del proyecto:	PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTOBAL							
AFORO VEHICULAR			14/6/2023							
Fecha:			SOLEADO							
Condición Climática:			6:00 a. m.							
Hora de inicio			18:00 p.m							
HORA	MOTO	LIVIANOS AUTOMOVILES	AUTOBUS	CAMIONES					TOTAL	Total de distribución en %
				2-S	3-S	2-S1	2-S2	3-S2		
6:00 - 7:00	16	12	0	0	0	0	0	0	28	7%
7:00 - 8:00	19	13	0	0	2	0	0	0	34	9%
8:00 - 9:00	16	10	0	0	1	0	0	0	27	7%
9:00 - 10:00	12	11	0	8	0	0	0	0	31	8%
10:00 - 11:00	10	9	0	10	6	0	0	0	35	9%
11:00 - 12:00	17	8	0	4	3	0	0	0	32	8%
12:00 - 13:00	18	6	0	8	4	0	0	0	36	9%
13:00 - 14:00	11	10	0	4	5	0	0	0	30	8%
14:00 - 15:00	12	9	0	7	4	0	0	0	32	8%
15:00 - 16:00	10	14	0	9	1	0	0	0	34	9%
16:00 - 17:00	16	12	0	7	4	0	0	0	39	10%
17:00 - 18:00	15	7	0	4	2	0	0	0	28	7%
TOTAL	172	121	0	61	32	0	0	0	386	100%
%	45%	31%	0%	16%	8%	0%	0%	0%	100%	

Ilustración 38 TPDA Registrado el 14 de Junio 2023

Fuente: Autores

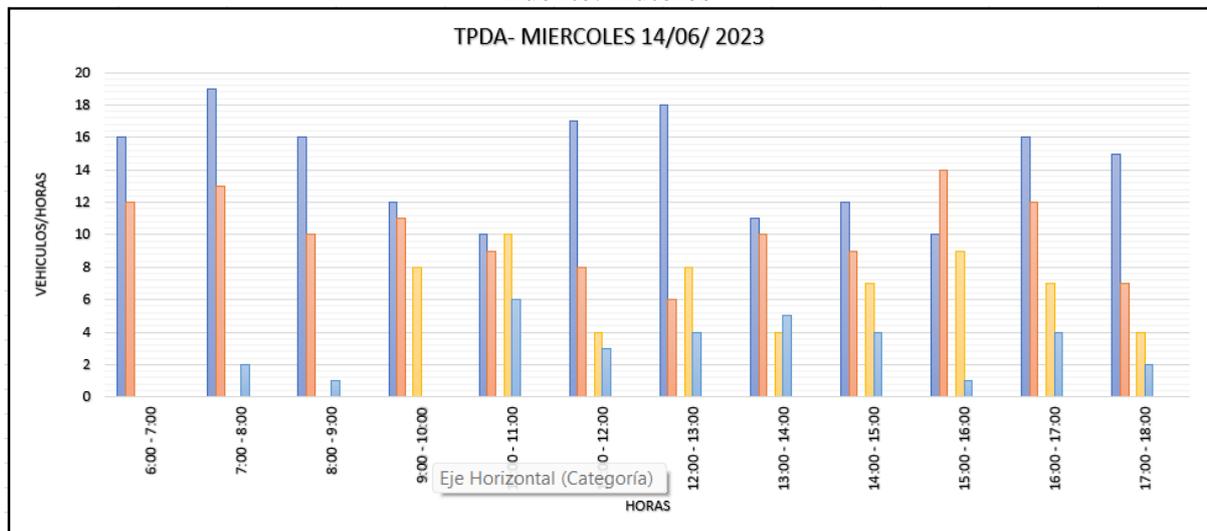


Ilustración 39 Representación en Histograma del TPDA 14/06/2023

Fuente: Autores

		Nombre del proyecto: <i>PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTOBAL</i>								
AFORO VEHICULAR										
Fecha:		15/6/2023								
Condición Climática:		SOLEADO								
Hora de inicio		6:00 a. m.								
Hora final		18:00 p.m								
HORA	MOTO	LIVIANOS AUTOMOVILES	AUTOBUS	CAMIONES					TOTAL	Total de distribucion en %
				2-S 	3-S 	2-S1 	2-S2 	3-S2 		
6:00 - 7:00	17	10	0	0	2	0	0	0	29	7%
7:00 - 8:00	30	9	0	2	3	0	0	0	44	11%
8:00 - 9:00	20	5	0	5	1	0	0	0	31	8%
9:00 - 10:00	12	11	0	0	0	0	0	0	23	6%
10:00 - 11:00	19	9	0	4	9	0	0	0	41	10%
11:00 - 12:00	16	7	0	5	7	0	0	0	35	9%
12:00 - 13:00	13	8	0	3	6	0	0	0	30	8%
13:00 - 14:00	10	6	0	4	4	0	0	0	24	6%
14:00 - 15:00	15	9	0	6	4	0	0	0	34	9%
15:00 - 16:00	16	13	0	4	5	0	0	0	38	10%
16:00 - 17:00	13	15	0	2	1	0	0	0	31	8%
17:00 - 18:00	15	16	0	1	0	0	0	0	32	8%
TOTAL	196	118	0	36	42	0	0	0	392	100%
%	50%	30%	0%	9%	11%	0%	0%	0%	100%	

Ilustración 40 TPDA Registrado el 15 de Junio 2023

Fuente: Autores

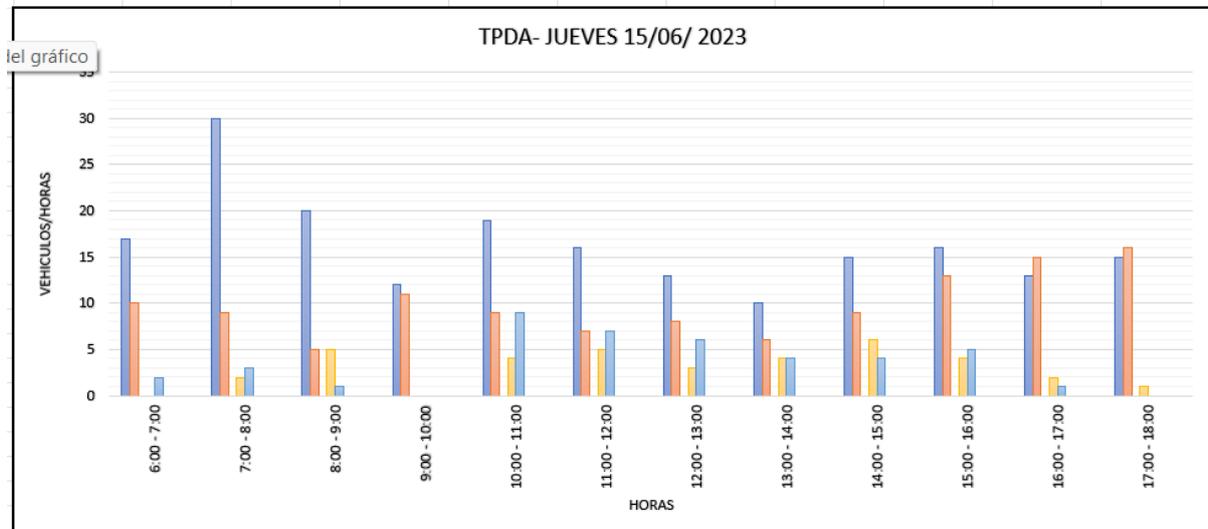


Ilustración 41 Representación en Histograma del TPDA 15/06/2023

Fuente: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		Nombre del proyecto: PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTOBAL								
AFORO VEHICULAR										
Fecha:		16/6/2023								
Condición Climática:		SOLEADO								
Hora de inicio		6:00 a. m.								
Hora final		18:00 p.m								
HORA	MOTO	LIVIANOS AUTOMOVILES	AUTOBUS	CAMIONES					TOTAL	Total de distribución en %
				2-S 	3-S 	2-S1 	2-S2 	3-S2 		
6:00 - 7:00	20	12	0	1	2	0	0	0	35	8%
7:00 - 8:00	25	14	0	2	9	0	0	0	50	12%
8:00 - 9:00	14	16	0	4	2	0	0	0	36	8%
9:00 - 10:00	9	18	0	2	3	0	0	0	32	8%
10:00 - 11:00	17	12	0	0	1	0	0	0	30	7%
11:00 - 12:00	17	15	0	3	6	0	0	0	41	10%
12:00 - 13:00	23	12	0	0	0	0	0	0	35	8%
13:00 - 14:00	15	9	0	0	5	0	0	0	29	7%
14:00 - 15:00	8	14	0	0	1	0	0	0	23	5%
15:00 - 16:00	14	15	0	0	0	0	0	0	29	7%
16:00 - 17:00	17	17	0	0	7	0	0	0	41	10%
17:00 - 18:00	29	12	0	0	4	0	0	0	45	11%
TOTAL	208	166	0	12	40	0	0	0	426	100%
%	49%	39%	0%	3%	9%	0%	0%	0%	100%	

Ilustración 42 TPDA Registrado el 16 de Junio 2023

Fuente: Autores

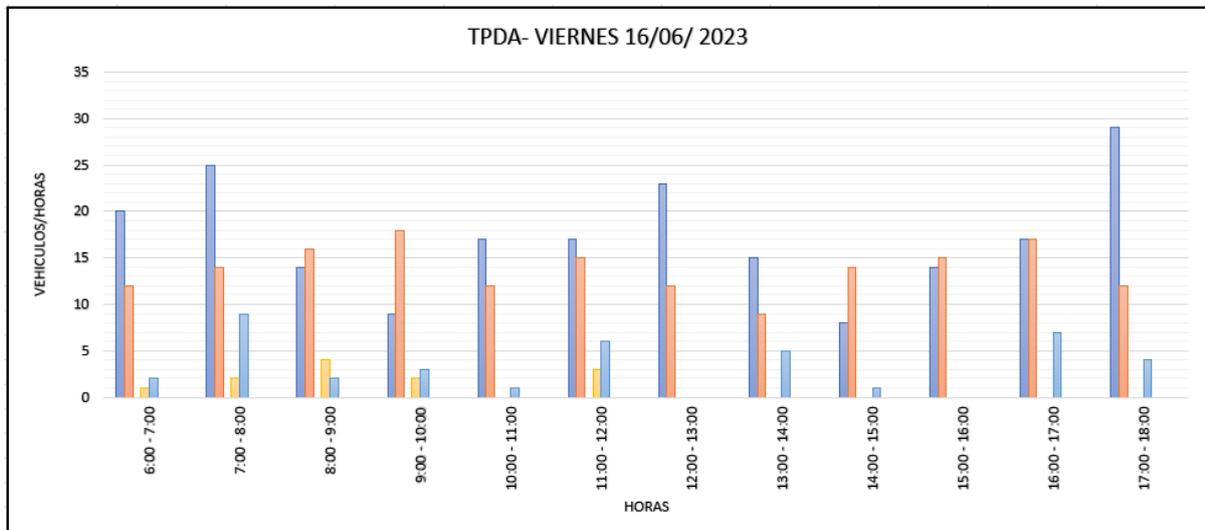


Ilustración 43 Representación en Histograma del TPDA 16/06/2023

Fuente: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		Nombre del proyecto:	PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTOBAL							AFORO VEHICULAR	
Fecha:		17/6/2023									
Condición Climática:		SOLEADO									
Hora de inicio		6:00 a. m.									
Hora final		18:00 p.m									
HORA	MOTO	LIVIANOS AUTOMOVILES	AUTOBUS	CAMIONES					TOTAL	Total de distribución en %	
				2-S 	3-S 	2-S1 	2-S2 	3-S2 			
6:00 - 7:00	34	13	0	1	3	0	0	0	51	11%	
7:00 - 8:00	21	11	0	0	12	0	0	0	44	9%	
8:00 - 9:00	35	9	0	4	4	0	0	0	52	11%	
9:00 - 10:00	9	12	0	1	8	0	0	0	30	6%	
10:00 - 11:00	12	16	0	3	2	0	0	0	33	7%	
11:00 - 12:00	23	14	0	2	3	0	0	0	42	9%	
12:00 - 13:00	27	11	0	1	5	0	0	0	44	9%	
13:00 - 14:00	18	13	0	1	4	0	0	0	36	8%	
14:00 - 15:00	16	15	0	3	1	0	0	0	35	7%	
15:00 - 16:00	24	12	0	0	1	0	0	0	37	8%	
16:00 - 17:00	14	17	0	0	2	0	0	0	33	7%	
17:00 - 18:00	19	12	0	0	3	0	0	0	34	7%	
TOTAL	252	155	0	16	48	0	0	0	471	100%	
%	54%	33%	0%	3%	10%	0%	0%	0%	100%		

Ilustración 44 TPDA Registrado el 17 de Junio 2023

Fuente: Autores

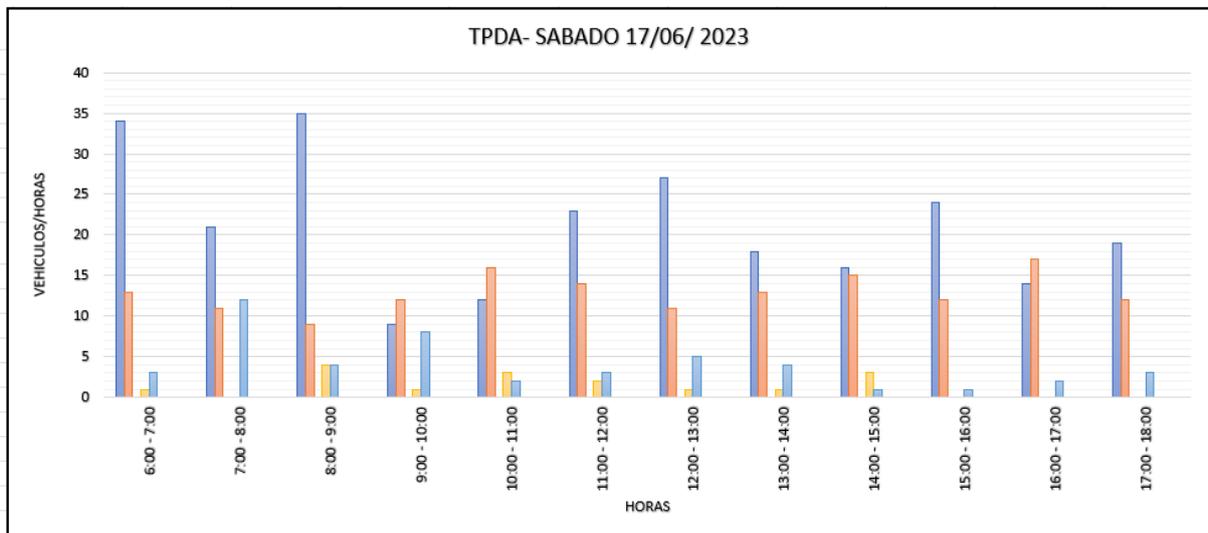


Ilustración 45 Representación en Histograma del TPDA 17/06/2023

Fuente: Autores

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		Nombre del proyecto: <i>PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM 51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA EL RECINTO SAN CRISTOBAL</i>								
AFORO VEHICULAR										
Fecha:		18/6/2023								
Condición Climática:		SOLEADO								
Hora de inicio		6:00 a. m.								
Hora final		18:00 p.m								
HORA	MOTO	LIVIANOS AUTOMOVILES	AUTOBUS	CAMIONES					TOTAL	Total de distribucion en %
				2-S 	3-S 	2-S1 	2-S2 	3-S2 		
6:00 - 7:00	17	9	0	0	0	0	0	0	26	6%
7:00 - 8:00	14	11	0	6	0	0	0	0	31	8%
8:00 - 9:00	18	15	0	9	3	0	0	0	45	11%
9:00 - 10:00	12	7	0	4	0	0	0	0	23	6%
10:00 - 11:00	9	14	0	5	7	0	0	0	35	9%
11:00 - 12:00	11	16	0	7	8	0	0	0	42	10%
12:00 - 13:00	16	13	0	1	4	0	0	0	34	8%
13:00 - 14:00	11	6	0	6	3	0	0	0	26	6%
14:00 - 15:00	17	7	0	1	7	0	0	0	32	8%
15:00 - 16:00	10	9	0	8	0	0	0	0	27	7%
16:00 - 17:00	17	16	0	4	3	0	0	0	40	10%
17:00 - 18:00	20	15	0	3	2	0	0	0	40	10%
TOTAL	172	138	0	54	37	0	0	0	401	100%
%	43%	34%	0%	13%	9%	0%	0%	0%	100%	

Ilustración 46 TPDA Registrado el 18 de Junio 2023

Fuente: Autores

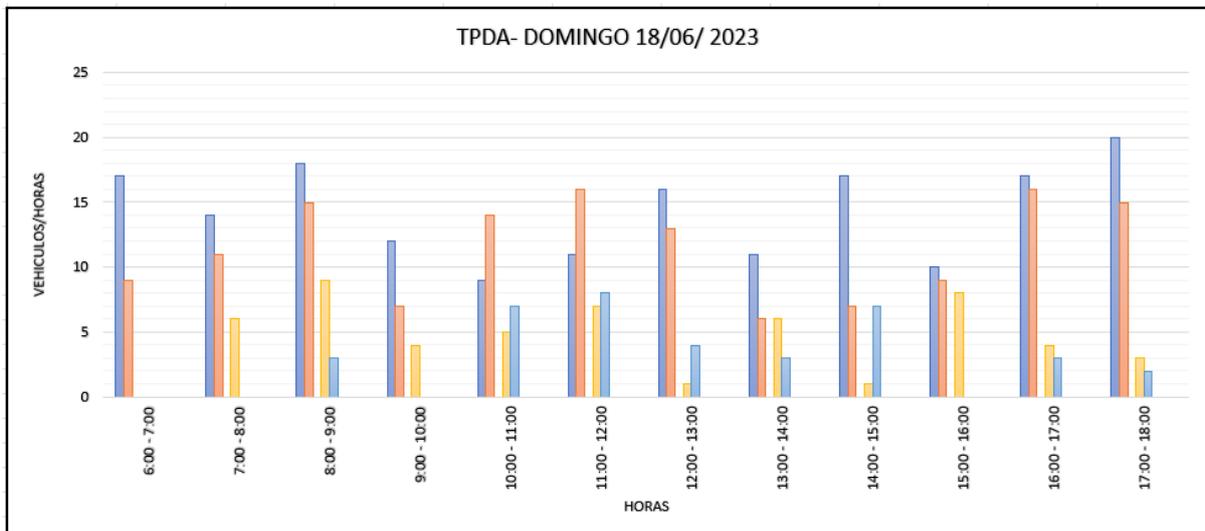


Ilustración 47 Representación en Histograma del TPDA 17/06/2023

Fuente: Autores

Tabla 21 Determinación del FD

Días	Conteo Diario TD=(Vehiculos/Día)	% del Conteo Diario TD/TPDS	Factor de Expansión FD=1/(TD/TPDS)
Lunes	394	0.96	1.04
Martes	390	0.95	1.05
Miércoles	386	0.94	1.06
Jueves	392	0.96	1.04
Viernes	426	1.04	0.96
Sábado	471	1.15	0.87
Domingo	401	0.98	1.02
Total	2860	1.00	1.00

Tabla 22 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

Tabla 23 Composición del Tráfico

TIPO DE VEHICULO	NUMERO	%
LIVIANOS	343	81
BUSES	0	0
PESADOS	81	19
TOTAL	424	100

Tabla 24 Tráfico Asignado

TIPO DE VEHICULO	NUMERO	%
LIVIANOS	429	81
BUSES	0	0
PESADOS	101	19
TOTAL	530	100

Tabla 25 Tráfico Proyectado

Año	n	Tipo de vehículo				
		Crecimiento %	Livianos	Crecimiento %	Pesados	Total
2023	0	3.37	429	2.02	101	530
2024	1	3.37	443	2.02	103	546
2025	2	3.37	458	2.02	105	564
2026	3	3.37	474	2.02	107	581
2027	4	3.37	490	2.02	109	599
2028	5	3.37	506	2.02	112	618
2029	6	3.37	523	2.02	114	637
2030	7	3.37	541	2.02	116	657
2031	8	3.06	558	1.84	118	676
2032	9	3.06	575	1.84	120	695
2033	10	3.06	592	1.84	123	715
2034	11	3.06	610	1.84	125	735
2035	12	3.06	629	1.84	127	756
2036	13	3.06	648	1.84	130	778
2037	14	3.06	668	1.84	132	800
2038	15	3.06	689	1.84	134	823
2039	16	3.06	710	1.84	137	847
2040	17	3.06	731	1.84	139	871
2041	18	3.06	754	1.84	142	896
2042	19	3.06	777	1.84	145	921
2043	20	3.06	801	1.84	147	948

Tabla 26 Determinación del Factor Común Por Tipo de Vehículo

Tipo de vehículo	Categoría	Carga por ejes (Ton)			%	Factor de Cargas Equivalente		Factor Camion
		Delantero	Intermedio	Posterior		NE=2	PT=2	
	LIVIANOS	1	0	2	81	0.0005	0.0048	0.004
	BUSES	4	0	10	0	0.055	2.44	0.168
	CAMION 2-S	6	0	12	9	0.2736	5.63	0.376
	CAMION 3-S	6	0	20	10	0.2736	5.63	0.376
	CAMION 2-S1	6	12	12	0			
	CAMION 2-S2	6	12	20	0			
	CAMION 3-S2	6	20	24	0			

Tabla 27 Número de ejes equivalentes ESAL'S para el período de diseño

TIPO DE VEHÍCULO	NUMERO	FACTOR CAMION	DIAS DEL AÑO	FACTOR DE CRECIMIENTO/20 AÑOS	ESAL'S DISEÑO
LIVIANOS	429	0.004	365	27.03	16929.9702
BUSES	0	0.168	365	23.42	0
CAMION 2-S	48	0.376	365	23.91	157507.6032
CAMION 3-S	53	0.376	365	23.91	173914.6452
CAMION 2-S1	0		365		
CAMION 2-S2	0		365		
CAMION 3-S2	0		365		
TOTAL DE ESAL'S					348352.2186
FACTOR DE DISTRIBUCION DE CARRIL		F.C.	1		
FACTOR DIRECCIONAL		D	0.5		
ESAL'S EN CARRIL DE DISEÑO					174176.1093

Tabla 28 Ensayo Granulométrico

GRANULOMETRIA					
Tamiz #	Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasa
1"	25	43.3	3%	3%	97%
3/4"	19	101.2	7%	10%	90%
1/2"	13	57.5	4%	14%	86%
3/8"	10	53	4%	17%	83%
4	5	132.8	9%	27%	73%
10	2	151.6	10%	37%	63%
20	0.85	179.3	12%	49%	51%
40	0.425	253.5	17%	67%	33%
100	0.15	348.4	24%	91%	9%
200	0.075	100.1	7%	97%	3%
FONDO		37.3	3%	100%	0%
TOTAL		1458	100%		

Fuente: Autores

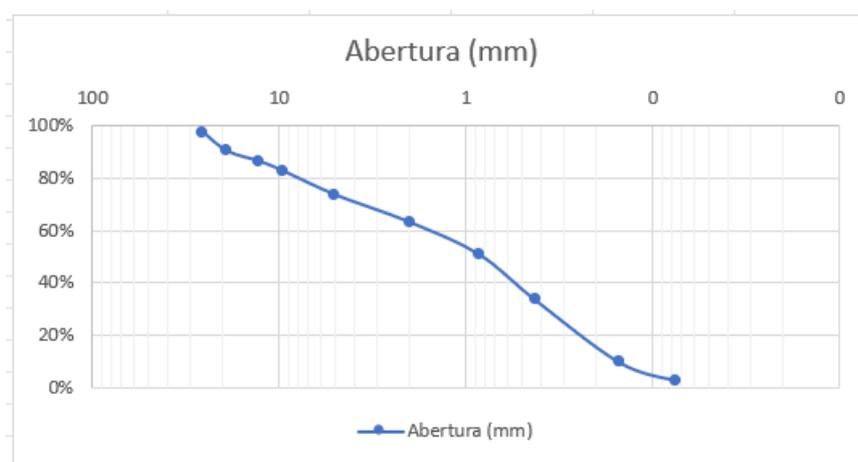


Ilustración 48 Ensayo Granulométrico

Fuente: Autores

Tabla 29 Cálculo de Densidades, Ensayo Proctor Modificado

CANTIDAD DE AGUA(ml)	RECIPIENTE	PESO TIERRA HUMEDA + RECIPIENTE (g)	PESO TIERRA SECA + RECIPIENTE (g)	PESO DEL RECIPIENTE (g)	PESO DE AGUA	PESO SECO	W (humedad)	PESO TIERRA HUMEDA + CILINDRO(g)	PESO TIERRA HUMEDA(g)	1+w/100	PESO TIERRA SECA (g)	DENSIDAD SECA	PESO ESPECIFICO SECO
EN	I	354.9	342.9	22.2	12	320.7	3.74	6028	1.791	1.0374	1.726	1829	17.94
90	L	303.9	284.1	23	19.8	261.1	7.58	6169	1.932	1.0758	1.796	1902	18.66
180	A	430.9	391	23.5	39.8	367.5	10.86	6264	2.027	1.1086	1.828	1937	19.00
270	HB	529.7	464.9	47.8	64.8	417.1	15.54	6235	1.998	1.1554	1.729	1832	17.97

Fuente: Autores

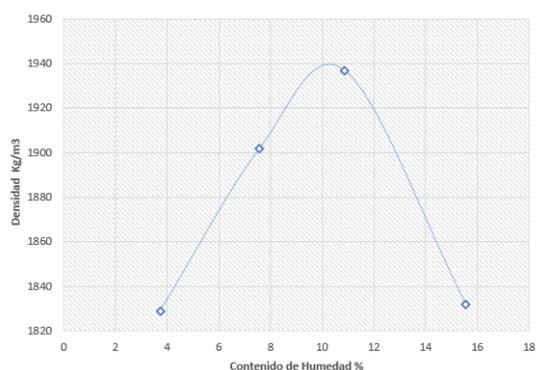


Ilustración 49 Curva de Densidad

Fuente: Autores

DENSIDAD MAXIMA	1937
------------------------	-------------

Tabla 30 Cálculo del CBR

CBR DENSIDADES					
ANTES DE LA INMERSION					
		12 GOLPES POR CAPA	25 GOLPES POR CAPA	56 GOLPES POR CAPA	
HUMEDAD	RECIPIENTE	A-23.5	L-23.0	I-22.2	
	WH + RECIPIENTE (g)	293.4	210.1	296.2	
	WS + RECIPIENTE (g)	265.8	191.3	267.69	
	Ww	27.6	18.8	28.51	
	W HUMEDO (g)	269.9	187.1	274	
	W RECIPIENTE (g)	23.5	23	22.2	
	W SECO (g)	242.3	168.3	245.49	
	W% PORCENTAJE DE HUMEDAD	11.3908378	11.17052882	11.61350768	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	11130	10918	12061		
PESO DE MOLDE (g)	6379	5911	7031		
PESO DE SUELO HUMEDO (g)	Wh	4751	5007	5030	
PESO DE SUELO SECO (g)	Ws	4209.821296	4447.691622	4445.840564	
CONTENIDO DE AGUA= Wh/1+0,01(W%)	W%	11.3908378	11.17052882	11.61350768	
DENSIDAD HUMEDA= Wh/VOLUMEN		2051.381693	2161.917098	2171.848014	
DENSIDAD SECA= Dh/1+0,01W%		1851.42752	1951.188717	1960.151637	

DESPUES DE LA INMERSION					
HUMEDAD	RECIPIENTE		12 GOLPES POR CAPA	25 GOLPES POR CAPA	56 GOLPES POR CAPA
	WH + RECIPIENTE (g)		R-22.6	R-22.7	HB-47.6
	WS + RECIPIENTE (g)		431.07	321.81	659.43
	Ww		409.2	307.2	646.3
	W HUMEDO (g)		21.87	14.61	13.13
	W RECIPIENTE (g)		408.47	299.11	611.83
	W SECO (g)		22.6	22.7	47.6
	W% PORCENTAJE DE HUMEDAD		386.6	284.5	598.7
	PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO (g)		5.657009829	5.135325132	2.193085018
	PESO DE MOLDE (g)		11304	11023	12134
PESO DE SUELO HUMEDO (g)	Wh	6379	5911	7031	
PESO DE SUELO SECO (g)	Ws	4925	5112	5103	
CONTENIDO DE AGUA= $W_h/1+0,01(W\%)$	W%	4646.392266	4849.482179	4991.086872	
DENSIDAD HUMEDA= $W_h/VOLUMEN$		4876.237624	5061.386139	5052.475248	
DENSIDAD SECA= $D_h/1+0,01W\%$		2126.511226	2207.253886	2203.367876	
		1919.233959	1992.106395	1988.599166	

% DE HINCHAMIENTO				
LECTURA INICIAL		250	250	250
24 HORAS		252	251	250
48 HORAS		255	254	252
72 HORAS		257	255	253
96 HORAS		258	256	253

NÚMERO DE ENSAYO	CARGA DE PENETRACIÓN en LBS			CARGA DE PENETRACIÓN en Kgs.		
1,27mm(0.05")	176	242	572	80	110	260
2,54mm(0.10")	528	814	1188	240	370	540
3,81mm(0.15")	770	1518	1848	350	690	840
5,08mm(0.20")	990	2178	2420	450	990	1100
7,62mm(0.30")	1298	3256	3498	590	1480	1590
10,16mm(0.40")	1584	4136	4312	720	1880	1960
12,7mm(0.50")	1782	5082	5588	810	2310	2540

NÚMERO DE ENSAYO	CARGA UNITARIA en LBS/pul2			CARGA UNITARIA en Kgs/cm2		
1,27mm(0.05")	58.86	80.94	191.30	4.12	5.66	13.39
2,54mm(0.10")	176.59	272.24	397.32	12.36	19.05	27.81
3,81mm(0.15")	257.53	507.69	618.06	18.02	35.53	43.25
5,08mm(0.20")	331.10	728.43	809.36	23.17	50.98	56.64
7,62mm(0.30")	434.11	1088.96	1169.90	30.38	76.21	81.87
10,16mm(0.40")	529.77	1383.28	1442.14	37.08	96.81	100.93
12,7mm(0.50")	595.99	1699.67	1868.90	41.71	118.95	130.79

N Golpes	Esfuerzo	Penetración
	0,1 pulg	0,2 pulg
12	12.36	23.17
25	19.05	50.98
56	27.81	56.64
CBR	%	
12	23,17	18,02
25	50,98	35,53
56	56,64	43,25
DENSIDAD MAXI	1937	

Fuente: Autores

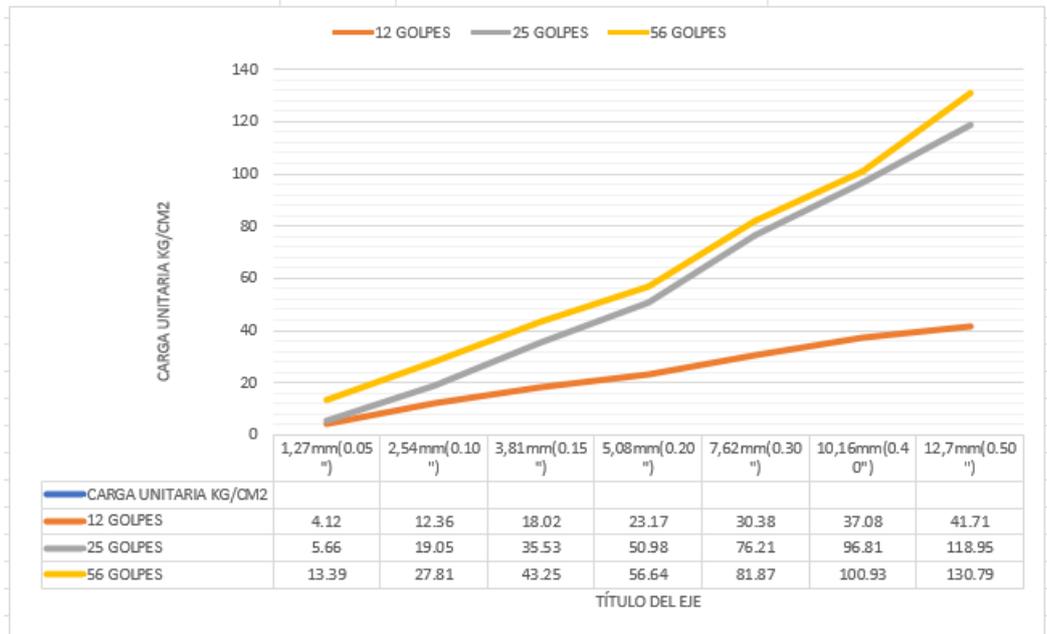


Ilustración 50 Gráfica de Cargas y Número de Golpes CBR

Fuente: Autores

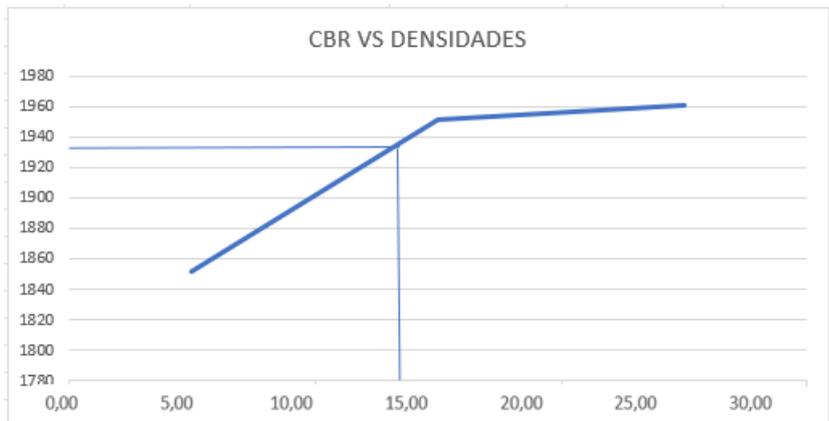


Ilustración 51 CBR VS Densidades

Fuente: Autores

CBR %	15%
-------	-----

Tabla 31 Determinación de Módulo Resiliente de la subrasante

Determinación del Módulo Resiliente de la subrasante, mediante la expresión			
Mr=	$3000*(CBR)^{0,65}$	lb/pulg ²	Para CBR entre 7,2% a 20% Sub-rasante CBR%= 15
Mr=	17441.37	PSI o lb/pulg ²	
Determinación de los Módulos Resilientes de las capas de base granular y sub-base			
De la ilustración 28 obtenemos:			
Eb(Módulo de Elasticidad de la Base)	30.500,00 Psi		
a2(Coeficiente Estructural de Capa)	0,140 Psi		Base CBR%= 80
De la ilustración 29 obtenemos:			
SB (Módulo de la Elasticidad de la sub-bas)	14.950,00 Psi		Sub-base CBR%= 30
a3(Coeficiente estructural de capa)	0,110 Psi		

Fuente: Autores

Tabla 32 Espesor necesario del concreto asfáltico

Determinamos el espesor necesario del concreto asfáltico a partir del Módulo Resiliente de la base			
	SN1=	1.28	
	SN1=	$a1 * D1$	
	a1=	0.44	
	D1=	2.91	pulgadas
La AASHTO recomienda redondear D1, al número ascendente más próximo			
Entonces: 3 pulgadas			
SN1* corregido=	1.32		

Fuente: Autores

Tabla 33 Espesor de la base granular

Determinamos el espesor que debe tener la base granular, a partir del módulo resiliente de la capa de sub-base			
	SN2=	1.73	
	a2=	0.14	
	SN(Base Granular)	SN2-SN1	0.45
	SN(Base Granular)	$a2 * m2 * D2$	
$D2 = (Sn2 - Sn1) / (a2 * m2)$		4 pulgadas	
La AASHTO recomienda redondear D2, al número ascendente más próximo			
Entonces: 4 pulgadas			
SN2* corregido=	0.448		

Fuente: Autores

Tabla 34 Espesor de Subbase

Determinamos el espesor del material de sub-base a partir del número estructural total del pavimento, del concreto asfáltico y de la base granular; de la siguiente forma:			
	SN3=	1.87	
	a3=	0.11	
	SN(Sub-base)	SN-(SN1+SN2*)	0.142
	SN(Sub-base)	a3*m3*D3	
D3= (Sn2-Sn1)/ (a3xm3)		5 pulgadas	
La AASHTO recomienda redondear D3, al número ascendente más próximo			
Entonces: 5 pulgadas			
SN3 corregido=		0.44	

Fuente: Autores

ANEXO 2. FOTOGRAFIAS.



Ilustración 52 Planificación del Proyecto con el tutor Ing. Fausto Cabrera

Fuente: Autores



*Ilustración 53 Registro del TPDA
Genesis Alcivar*

Fuente: Autores



Ilustración 54 Registro del TPDA Stalin Conforme

Fuente: Autores



*Ilustración 55 Registro del TPDA
Genesis Alcivar*

Fuente: Autores



Ilustración 56 Registro del TPDA Stalin Conforme

Fuente: Autores



Ilustración 57 Registro del TPDA Genesis Alcivar

Fuente: Autores



Ilustración 58 Registro del TPDA Genesis Alcivar

Fuente: Autores



Ilustración 59 Punto de Excavación

Fuente: Autores



Ilustración 60 Medidas de Excavación

Fuente: Autores



Ilustración 61 Recolección del Material

Fuente: Autores



Ilustración 62 Recolección del Material

Fuente: Autores



Ilustración 63 Muestra de Suelo

Fuente: Autores



Ilustración 64 Medidas de Excavación

Fuente: Autores



Ilustración 65 Recolección del Material

Fuente: Autores



Ilustración 66 Recolección del Material

Fuente: Autores



Ilustración 67 Excavación

Fuente: Autores



Ilustración 68 Medidas de Excavación

Fuente: Autores



Ilustración 69 Recolección de Material

Fuente: Autores



Ilustración 70 Recolección de Material

Fuente: Autores



Ilustración 71 Medidas de Excavación

Fuente: Autores



Ilustración 72 Medidas de Excavación

Fuente: Autores



Ilustración 73 Recolección del Material

Fuente: Autores



Ilustración 74 Recolección del Material

Fuente: Autores



Ilustración 75 Recolección del Material

Fuente: Autores



Ilustración 76 Recolección del Material

Fuente: Autores



Ilustración 77 Muestra Lista Para ser Pesada

Fuente: Autores

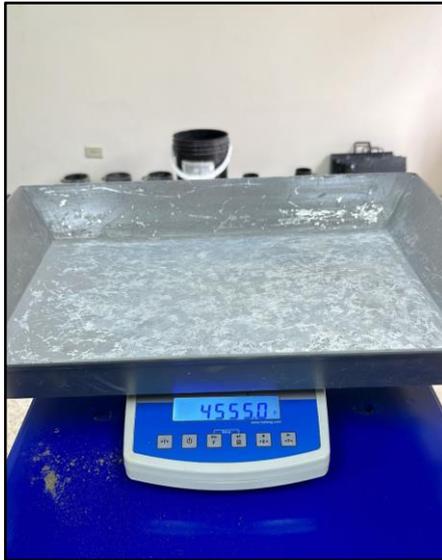


Ilustración 78 Peso de la Bandeja

Fuente: Autores



Ilustración 79 Peso de la Bandeja con la Muestra

Fuente: Autores



Ilustración 80 Muestra

Fuente: Autores



Ilustración 81 Peso de Bandeja más Muestra Húmeda

Fuente: Autores



Ilustración 82 Peso de la Bandeja Usada en Ensayo Granulométrico

Fuente: Autores



Ilustración 83 Muestra en el Horno

Fuente: Autores



Ilustración 84 Tamices a ser Utilizados

Fuente: autores



Ilustración 85 Peso de Muestra Seca más Bandeja

Fuente: Autores



Ilustración 86 Tamices

Fuente: Autores



Ilustración 87 Material Contenido en Tamiz de 1''

Fuente: Autores



Ilustración 80 Material Contenido en Tamiz de 3/4"

Fuente: Autores



Ilustración 81 Material Contenido en Tamiz 1/2"

Fuente: Autores



Ilustración 82 Material Contenido en Tamiz $\frac{3}{8}$ ''

Fuente: Autores



Ilustración 83 Material Contenido en Tamiz 4

Fuente: Autores



Ilustración 84 Material Contenido en Tamiz 10

Fuente: Autores



Ilustración 85 Material Contenido en Tamiz 40

Fuente: Autores



Ilustración 88 Material Contenido en Tamiz 100

Fuente: Autores



Ilustración 89 Material Contenido Tamiz 200

Fuente: Autores



Ilustración 90 Material Contenido de Fondo

Fuente: Autores



Ilustración 91 Secado de Material Para Ensayos Proctor Modificado y CBR

Fuente: Autores



Ilustración 92 Secado de Material

Fuente: Autores



Ilustración 93 Encerado de la Balanza

Fuente: Autores



Ilustración 94 Peso del Molde

Fuente: Autores



Ilustración 95 Martillo de Compactación

Fuente: Autores



Ilustración 96 Peso de la Muestra

Fuente: Autores



Ilustración 97 Peso de Muestra que Va al Horno

Fuente: Autores



Ilustración 98 Peso de Muestra que Va al Horno

Fuente: Autores



Ilustración 99 Mezcla Humedecida

Fuente: Autores



Ilustración 100 Golpeo de Martillo

Fuente: Autores



Ilustración 101 Peso de Muestra Húmeda Compactada

Fuente: Autores



Ilustración 102 Muestra Para Ensayo CBR

Fuente: Autores



Ilustración 103 Peso de Muestra Húmeda Compactada

Fuente: Autores



Ilustración 104 Mezcla Material Húmedo

Fuente: Autores



Ilustración 105 Material Humedecido

Fuente: Autores



Ilustración 106 Golpes Con el Martillo

Fuente: Autores



Ilustración 107 Muestras en el Horno

Fuente: Autores



Ilustración 108 Calibración Estación Total

Fuente: Autores



Ilustración 109 Estación Total Calibrada

Fuente: Autores



Ilustración 110 Toma de Puntos

Fuente: Autores



Ilustración 111 Toma de Puntos

Fuente: Autores



Ilustración 112 Toma de Puntos

Fuente: Autores



Ilustración 113 Toma de Puntos

Fuente: Autores



Ilustración 114 Calibración Estación Total

Fuente: Autores



Ilustración 115 Toma de Puntos

Fuente: Autores

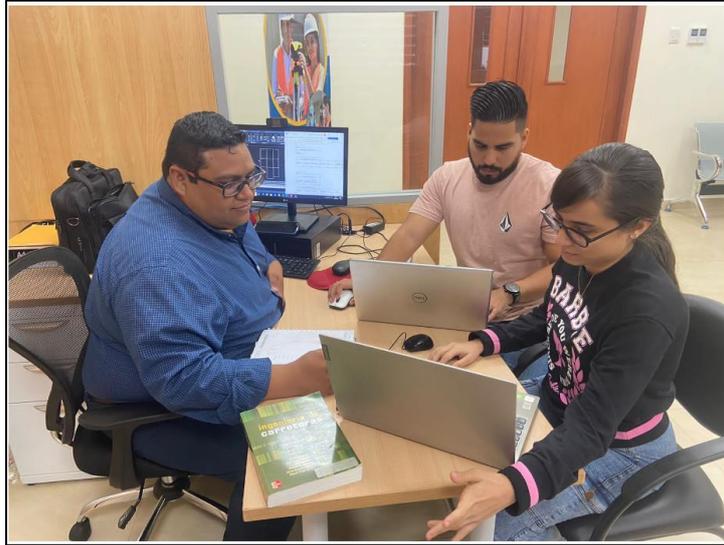


Ilustración 116 Procesamiento de datos y reunión con el tutor Ing. Fausto Cabrera.

Fuente: Autores

LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

PUNTO	ESTE	NORTE	ELEVACIÓN
1	5811536568,00	97412733989,00	100000,00
4	5811360604,00	97413915856,00	98034,00
5	5811414541,00	97413949716,00	98108,00
6	5811424010,00	97413860840,00	97877,00
7	5811456910,00	97413888540,00	97914,00
8	5811467210,00	97413781310,00	97817,00
9	5811339059,00	97413753749,00	97791,00
10	5811402159,00	97413620340,00	97767,00
11	5811341015,00	97413613690,00	97752,00
12	5811502981,00	97413464334,00	97741,00
13	5811364393,00	97413444730,00	97766,00
14	5811420087,00	97413445220,00	97736,00
15	5811439210,00	97413300820,00	98051,00
16	5811519212,00	97413301520,00	97741,00
17	5811501740,00	97413188240,00	98303,00
18	5811393478,00	97413190600,00	98330,00
19	5811445290,00	97413077310,00	98768,00
20	5811445280,00	97413077470,00	98768,00
21	5811558930,00	97413045810,00	97741,00
22	5811391524,00	97413054028,00	98770,00
23	5811595960,00	97412959450,00	97741,00
24	5811431453,00	97412869560,00	99614,00
25	5811401881,00	97412962102,00	99174,00
26	5811480688,00	97412819700,00	99636,00
27	5811411236,00	97412840300,00	99734,00
28	5811518169,00	97412821610,00	99359,00
29	5811470272,00	97412763231,00	99925,00
30	5811619323,00	97412824570,00	99641,00
31	5811462115,00	97412741194,00	100015,00
32	5811462115,00	97412741194,00	100014,00
33	5811509610,00	97413140900,00	98496,00
34	5811541310,00	97413154200,00	97989,00
35	5811425968,00	97412670164,00	99979,00
36	5811655064,00	97412647987,00	99989,00
37	5811474870,00	97413949920,00	98129,00
38	5811484187,00	97412562587,00	99960,00
39	5811507030,00	97413666580,00	97796,00
40	5811670212,00	97412456970,00	99749,00
41	5811466122,00	97413397200,00	97509,00
42	5811525750,00	97413398120,00	97224,00
43	5811437808,00	97412401694,00	99616,00
44	5811691247,00	97412345554,00	99440,00

45	5811449302,00	97412215248,00	99371,00
46	5811716466,00	97412235862,00	99114,00
47	5811481280,00	97412092416,00	98906,00
48	5811566400,00	97411946476,00	98356,00
49	5811502103,00	97411938685,00	98047,00
50	5811741993,00	97412074875,00	98461,00
51	5811630501,00	97411783467,00	97632,00
52	5811765886,00	97411982699,00	98020,00
53	5811683092,00	97411941251,00	98028,00
54	5811802654,00	97411745634,00	96845,00
55	5811659718,00	97411710132,00	97418,00
56	5811613192,00	97411671429,00	97072,00
57	5811845127,00	97411602488,00	96574,00
58	5811696103,00	97411646388,00	97091,00
59	5811823804,00	97411558365,00	96327,00
60	5811667109,00	97411646802,00	96797,00
61	5811861207,00	97411561239,00	97741,00
62	5811776551,00	97411525762,00	96580,00
63	5811956291,00	97411337343,00	95937,00
64	5811890971,00	97411214938,00	95502,00
65	5811827775,00	97411453658,00	96343,00
66	5811778356,00	97411420784,00	95975,00
67	5811986228,00	97411319712,00	95897,00
68	5811939008,00	97411308832,00	95942,00
69	5811939605,00	97411309359,00	95941,00
70	5812020467,00	97411254684,00	95832,00
71	5811861316,00	97411256013,00	95592,00
72	5811908825,00	97411164986,00	95528,00
73	5812067937,00	97411152107,00	95747,00
74	5812146667,00	97411103845,00	95676,00
75	5811944493,00	97411084098,00	95367,00
76	5812185243,00	97411120716,00	97741,00
77	5812111330,00	97410756576,00	97741,00
78	5812376243,00	97410714324,00	95065,00
79	5812559777,00	97410565402,00	94943,00
80	5812672209,00	97410502681,00	94746,00
81	5811836686,00	97411638208,00	96685,00
82	5811925175,00	97411435830,00	95998,00
83	5811986887,00	97411360550,00	95845,00
84	5811993647,00	97411293081,00	95886,00
85	5812067201,00	97411262730,00	95761,00
86	5812130052,00	97411205377,00	94929,00
87	5812117507,00	97411143781,00	95718,00
88	5812186478,00	97410984649,00	95611,00
89	5812232164,00	97411051204,00	95577,00
90	5812331516,00	97410938711,00	95339,00

91	5812308897,00	97410871269,00	95265,00
92	5812528957,00	97410743988,00	94867,00
93	5812428381,00	97410845568,00	94965,00
94	5812477091,00	97410713196,00	95060,00
95	5812500057,00	97410668856,00	95017,00
			-99999,00
97	5812523907,00	97410698484,00	95094,00
98	5812591244,00	97410650510,00	95119,00
99	5812533263,00	97410609608,00	94989,00
100	5812448253,00	97410591188,00	94865,00
101	5812177549,00	97410605193,00	97741,00
102	5812491956,00	97410559294,00	94895,00
103	5812613324,00	97410592067,00	95034,00
104	5812560120,00	97410790922,00	94993,00
105	5812632673,00	97410720518,00	94891,00
106	5812666823,00	97410691455,00	97741,00
107	5812688191,00	97410614031,00	94868,00
108	5812730876,00	97410493497,00	94320,00
109	5812654659,00	97410459901,00	94632,00
110	5812685837,00	97410339346,00	94170,00
111	5812655378,00	97410325124,00	94468,00
112	5812626932,00	97410547919,00	94926,00
113	5812507662,00	97410513405,00	94821,00
114	5812239510,00	97410465366,00	94701,00
115	5812273162,00	97410390190,00	94595,00
116	5812522343,00	97410438965,00	94683,00
117	5812615269,00	97410446650,00	94738,00
118	5812348105,00	97410254930,00	94118,00
119	5812516403,00	97410296710,00	94457,00
120	5812642655,00	97410296271,00	94549,00
121	5812611637,00	97410273306,00	94519,00
122	5812665044,00	97410120020,00	94311,00
123	5812599899,00	97410114363,00	94292,00
124	5812637229,00	97410120677,00	94357,00
125	5812520611,00	97409926890,00	94315,00
126	5812675303,00	97409990054,00	94234,00
127	5812618245,00	97409988781,00	94353,00
128	5812456845,00	97410047786,00	94079,00
129	5812706505,00	97409861623,00	94044,00
130	5812643810,00	97409857181,00	94135,00
131	5812567008,00	97409809977,00	94167,00
132	5812720862,00	97409794605,00	93988,00
133	5812588816,00	97409741749,00	94135,00
134	5812659210,00	97409781170,00	94063,00
135	5812679027,00	97409636054,00	93925,00
136	5812730931,00	97409644211,00	93939,00

137	5812712815,00	97409622650,00	93936,00
138	5812739021,00	97409536872,00	93818,00
139	5812803241,00	97409549505,00	93823,00
140	5812803463,00	97409549935,00	93824,00
141	5812715257,00	97409401534,00	93786,00
142	5812843733,00	97409452919,00	93756,00
143	5812780500,00	97409424786,00	93767,00
144	5812899941,00	97409159362,00	93647,00
145	5812912882,00	97409287318,00	93713,00
146	5812836328,00	97409137790,00	92566,00
147	5812780862,00	97409702595,00	93487,00
148	5812822542,00	97409571007,00	93803,00
149	5812988725,00	97408960605,00	93632,00
150	5812643875,00	97409527553,00	93022,00
151	5812935751,00	97408924326,00	93231,00
152	5812656030,00	97409498356,00	92988,00
153	5812962721,00	97408936288,00	92635,00
154	5812747736,00	97409320497,00	93263,00
155	5813080848,00	97408947151,00	93625,00
156	5813002471,00	97409086865,00	93725,00
157	5813037076,00	97409062051,00	93352,00
158	5812906594,00	97409369662,00	93165,00
159	5813020078,00	97408965588,00	93614,00
160	5812929887,00	97409322653,00	93252,00
161	5812925967,00	97409182499,00	93713,00
162	5812983450,00	97409204256,00	93725,00
163	5812807879,00	97409366715,00	93700,00
164	5813033479,00	97409013067,00	93672,00
165	5813005666,00	97409002214,00	93665,00
166	5813111853,00	97408758604,00	93645,00
167	5813114189,00	97408867850,00	93645,00
168	5813087916,00	97408733045,00	93623,00
169	5813166623,00	97408777226,00	97741,00
171	5813042747,00	97408668551,00	92842,00
172	5813157181,00	97408582894,00	93499,00
173	5813191541,00	97408590069,00	93452,00
174	5813147544,00	97408439860,00	93456,00
175	5813252009,00	97408482765,00	93353,00
176	5813207447,00	97408691600,00	93327,00
177	5813272126,00	97408387672,00	93501,00
178	5813198634,00	97408327118,00	92872,00
179	5813298439,00	97408520676,00	93262,00
180	5813296918,00	97408232224,00	93599,00
181	5813282760,00	97408491434,00	93270,00
182	5813402705,00	97408311915,00	93403,00
183	5813524173,00	97408084658,00	93841,00

184	5813350969,00	97408414767,00	93080,00
185	5813193079,00	97408713944,00	93185,00
186	5813183080,00	97408683890,00	93431,00
187	5813379375,00	97408428779,00	93306,00
188	5813417803,00	97408344825,00	93059,00
189	5813229001,00	97408535181,00	93383,00
190	5813474501,00	97408356440,00	93324,00
191	5813516119,00	97408335835,00	93389,00
192	5813392471,00	97408324161,00	93373,00
193	5813488464,00	97408237518,00	93131,00
194	5813589565,00	97408200483,00	93184,00
195	5813384082,00	97408157594,00	93542,00
196	5813628891,00	97408296767,00	93306,00
197	5813466484,00	97408107402,00	93780,00
198	5813742896,00	97408199034,00	93279,00
199	5813569048,00	97408069941,00	93771,00
200	5813737219,00	97408292979,00	93348,00
201	5813647976,00	97408091246,00	93776,00
202	5813821599,00	97408290917,00	93284,00
203	5813768845,00	97408061791,00	93155,00
204	5813996776,00	97408349614,00	93333,00
205	5814001560,00	97408254703,00	93353,00
206	5814340952,00	97408441585,00	93113,00
207	5814191611,00	97408419809,00	97741,00
208	5814349569,00	97408341329,00	92918,00
209	5814514852,00	97408447426,00	93142,00
210	5814612154,00	97408432776,00	93151,00
211	5814562919,00	97408293940,00	92750,00
212	5814707912,00	97408389281,00	93259,00
213	5814611269,00	97408277113,00	92804,00
214	5814792234,00	97408324588,00	93229,00
215	5814717436,00	97408193064,00	92745,00
216	5814834497,00	97408276165,00	93213,00
217	5814767377,00	97408136138,00	92837,00
218	5814838768,00	97408016859,00	92974,00
219	5814968396,00	97408054655,00	92986,00
220	5814896583,00	97407899707,00	93184,00
221	5815092775,00	97407830437,00	93143,00
222	5815152455,00	97407770063,00	93238,00
223	5814959186,00	97407648505,00	93282,00
224	5815236206,00	97407746874,00	93262,00
225	5815190693,00	97407586166,00	93572,00
226	5815148683,00	97407520635,00	93540,00
227	5815414499,00	97407726852,00	93033,00
229	5815575016,00	97407696264,00	92821,00
230	5815730965,00	97407644447,00	93091,00

231	5815298567,00	97407505214,00	93350,00
232	5815451807,00	97407596585,00	93132,00
234	5815683793,00	97407563977,00	93066,00
235	5814789225,00	97407718197,00	92893,00
236	5815863880,00	97407497223,00	94552,00
237	5814736316,00	97407756204,00	92756,00
238	5814651447,00	97407774021,00	92467,00
239	5814533986,00	97407819327,00	92434,00
240	5814358091,00	97407883780,00	92465,00
241	5814127083,00	97407939095,00	92806,00
242	5813918724,00	97408015035,00	92783,00
243	5816168909,00	97407327502,00	97741,00
244	5815766424,00	97407466756,00	94290,00
245	5815898576,00	97407464355,00	94662,00
246	5815947011,00	97407525908,00	94563,00
247	5816000142,00	97407376884,00	94896,00
248	5816074253,00	97407439268,00	97741,00
250	5816084783,00	97407161201,00	95695,00
251	5816120763,00	97407249975,00	95462,00
252	5816230313,00	97407259943,00	97741,00
253	5816412728,00	97407074883,00	95647,00
254	5816313736,00	97406989619,00	97741,00
255	5816408027,00	97407019556,00	95804,00
256	5816382944,00	97406910679,00	95513,00
257	5816508106,00	97406968122,00	95624,00
258	5816512686,00	97406779594,00	95410,00
259	5816603798,00	97406852096,00	95716,00
260	5816696457,00	97406554116,00	95273,00
261	5816794755,00	97406638532,00	95406,00
262	5816771934,00	97406610780,00	95481,00
263	5816744365,00	97406581027,00	95481,00
264	5817106896,00	97406310385,00	95305,00
265	5817008792,00	97406231153,00	95235,00
266	5817072496,00	97406252767,00	95301,00
267	5817219244,00	97405977470,00	95261,00
268	5817307215,00	97406059844,00	95288,00
269	5817330017,00	97406076114,00	95368,00
270	5817280220,00	97406030236,00	95299,00
271	5817665538,00	97405726237,00	95700,00
272	5817653046,00	97405568921,00	95716,00
273	5817797804,00	97405489861,00	95742,00
274	5817871808,00	97405507206,00	96000,00
275	5817848699,00	97405524324,00	95970,00
277	5817758245,00	97405436028,00	95731,00
278	5818001827,00	97405348906,00	96455,00
279	5817923424,00	97405267780,00	96399,00

280	5817956544,00	97405318411,00	96429,00
281	5818159973,00	97405167180,00	97026,00
282	5818046106,00	97405092183,00	96861,00
283	5818101880,00	97405146748,00	96974,00
284	5818319588,00	97404896715,00	97980,00
285	5818175272,00	97404830297,00	97940,00
286	5818249730,00	97404868222,00	98175,00
287	5818398971,00	97404752574,00	98621,00
288	5818194467,00	97404725240,00	98570,00
289	5818180469,00	97404636228,00	99051,00
290	5818279311,00	97404643929,00	99076,00
292	5811497670,00	97413997550,00	98363,00
308	5811284080,00	97413860010,00	97741,00
309	5811360890,00	97413836300,00	97635,00

Curva horizontal simple # 1

$$Gc = \frac{1145,92}{R}$$
$$Gc = \frac{1145,92}{280}$$
$$Gc = 4^{\circ} 5' 33,26$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$
$$T = 280 \operatorname{tg} \frac{15^{\circ} 17' 55}{2}$$
$$T = 37,61$$

$$Lc = \frac{\pi R \alpha}{180}$$
$$Lc = 74,76$$

$$Pc = Pi - T$$
$$Pi = 157,33 + T$$
$$Pi = 157,33 + 37,61$$
$$Pi = 194,94$$

$$Pt = Pc + Lc$$
$$Pt = 157,33 + 74,76$$
$$Pt = 232,09$$

$$E = R \left(\sec \frac{\alpha}{2} - 1 \right)$$
$$E = 280 \left(\sec \frac{15^{\circ} 17' 55}{2} - 1 \right)$$
$$E = 280 (1,008)$$
$$E = 2,51$$

$$C = 2R \operatorname{Sen} \frac{\theta}{2}$$
$$C = 2(280) \operatorname{Sen} \left(\frac{4^{\circ} 5' 33,26}{2} \right)$$
$$C = 19,99 \approx 20$$

$$\delta = \frac{360 * 20}{2\pi R}$$
$$\delta = 4^{\circ} 5' 33,26$$

Curva 1					
		Longitud		Deflexiones	
Punto	Abcisas	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada
PC	K 0+157,33	0,00	0,00	0°0'0"	0°0'0"
1	K 0+160	2,67	2,67	0°32'46,88"	0°32'46,88"
2	K 0+180	20	22,67	4°5'33,2"	4°38'20,08"
3	K 0+200	20	42,67	4°5'33,2"	8°16'32,23"
4	K 0+220	20	62,67	4°5'33,2"	12°22'5,43"
PT	K 0+232,09	12,09	94,76	2°28'26,22"	14°50'31,65"

Curva horizontal simple # 2

$$Gc = \frac{1145,92}{R}$$

$$Gc = \frac{1145,92}{280}$$

$$Gc = 4^{\circ} 5' 33,26$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$T = 280 \operatorname{tg} \frac{52^{\circ} 25' 18}{2}$$

$$T = 137,84$$

$$Lc = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

$$Lc = 256,18$$

$$Pc = Pi - T$$

$$Pi = 474,83 + 137,84$$

$$Pi = 612,67$$

$$Pt = Pc + Lc$$

$$Pt = 474,83 + 256,18$$

$$Pt = 731,01$$

$$C = 2R \operatorname{Sen} \frac{\theta}{2}$$

$$C = 2(280) \operatorname{Sen} \left(\frac{4^{\circ} 5' 33,26}{2} \right)$$

$$C = 19,99 \approx 20$$

$$\delta = \frac{360 * 20}{2\pi R}$$

$$\delta = 4^{\circ} 5' 33,26$$

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

$$E = 280 \left(\sec \frac{52^{\circ}25'18}{2} - 1 \right)$$

$$E = 32,09$$

Curva 2					
		Longitud		Deflexiones	
Punto	Abcisas	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada
PC	K 0+474,83	0,00	0,00	0°0'0"	0°0'0"
1	K 0+480	5,17	5,17	1°3'28,53"	1°3'28,53"
2	K 0+500	20	25,17	4°5'33,2"	5°9'1,73"
3	K 0+520	20	45,17	4°5'33,2"	9°14'34,93"
4	K 0+540	20	65,17	4°5'33,2"	13°20'8,13"
5	K 0+560	20	85,17	4°5'33,2"	17°25'41,33"
6	K 0+580	20	100,17	4°5'33,2"	21°31'14,53"
PT	K 0+731,01	151,01	251,18	30°54'3,03"	52°25'17,56"

Curva horizontal simple # 3

$$Gc = \frac{1145,92}{R}$$

$$Gc = \frac{1145,92}{280}$$

$$Gc = 4^{\circ} 5' 33,26$$

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$T = 280 \operatorname{tg} \frac{35^{\circ}27'43}{2}$$

$$T = 89,53$$

$$Lc = \frac{\pi R \alpha}{180}$$

$$Lc = 173,30$$

$$Pc = Pi - T$$

$$Pi = 784,91 + 89,53$$

$$Pi = 874,44$$

$$Pt = Pc + Lc$$

$$Pt = 784,91 + 173,30$$

$$Pt = 958,21$$

$$C = 2R \operatorname{Sen} \frac{\theta}{2}$$

$$C = 2(280) \operatorname{Sen} \left(\frac{4^{\circ} 5' 33,26}{2} \right)$$

$$C = 19,99 \approx 20$$

$$\delta = \frac{360 * 20}{2\pi R}$$

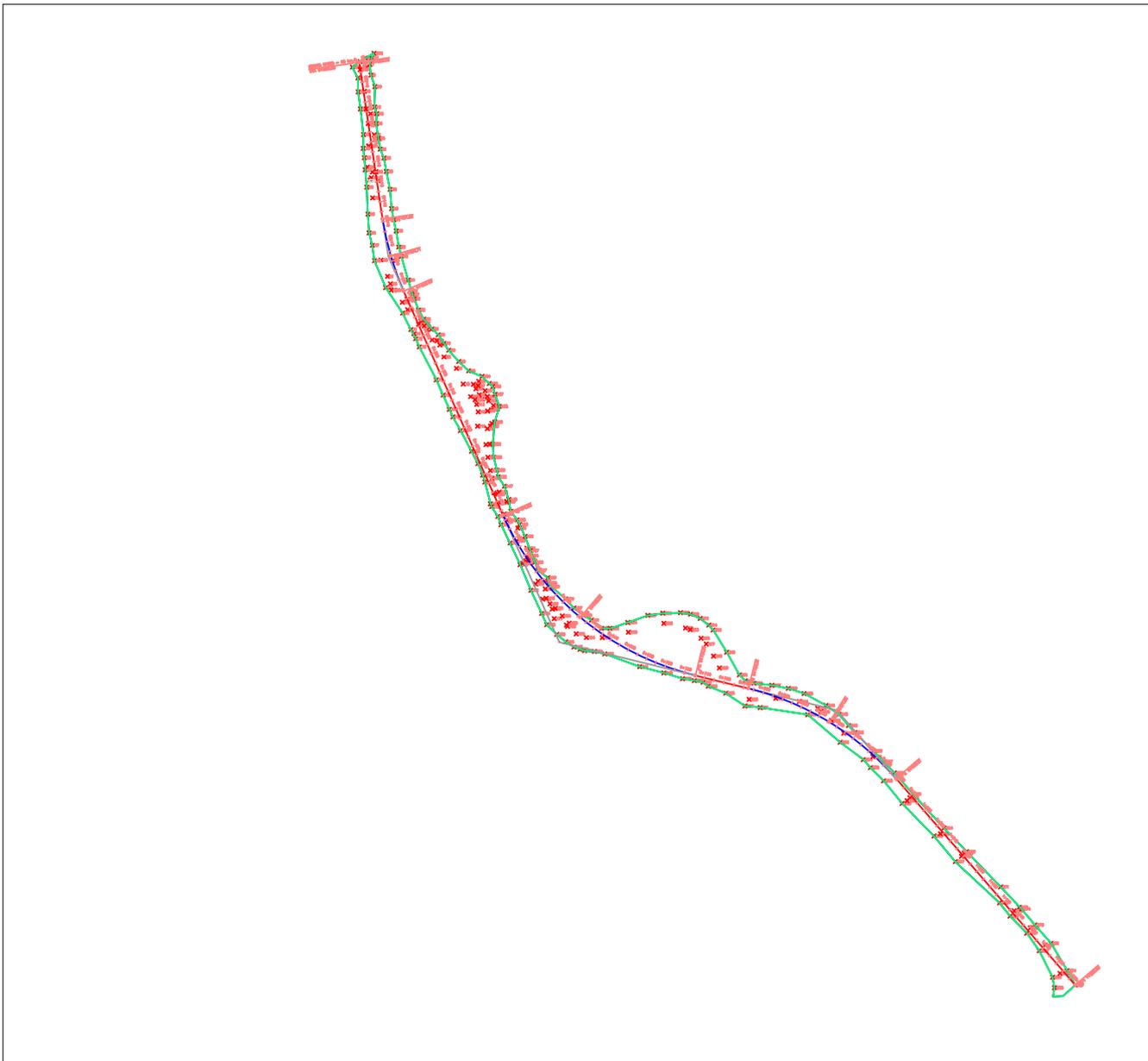
$$\delta = 4^{\circ} 5' 33,26$$

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

$$E = 280 \left(\sec \frac{35^{\circ} 27' 43}{2} - 1 \right)$$

$$E = 13,96$$

Curva 3					
		Longitud		Deflexiones	
Punto	Abcisas	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulada
PC	K 0+784,91	0.00	0.00	0°0'0"	0°0'0"
1	K 0+800	15,09	15,09	3°5'16,2"	3°5'16,2"
2	K 0+820	20	35,09	4°5'33,2"	7°10'49,4"
3	K 0+840	20	55,09	4°5'33,2"	11°16'22,6"
4	K 0+860	20	75,09	4°5'33,2"	15°21'55,8"
5	K 0+880	20	95,09	4°5'33,2"	19°27'29"
6	K 0+900	20	115,09	4°5'33,2"	23°33'2,2"
PT	K 0+958,21	58,21	173,3	11°54'40,98"	35°27'43,18"



INSTITUCIÓN:

CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL

UPS

Autores:

Stalin Conforme
Genesis Alcivar

TÍTULO: PROPUESTA DE DISEÑO VIAL DESDE EL KM
51 DE LA AUTOPISTA A LA COSTA HASTA
EL RECINTO SAN CRISTÓBAL

FECHA:

AGOSTO / 2023

ESCALA:

1:6

FORMATO A0

NOMBRE ARCHIVO:

rotulo 2.dwg

LÁMINAS:

A-0

UBICACIÓN:

COORDENADAS:

PROVINCIA: GUAYAS

CANTÓN: GUAYAQUIL

PARROQUIA: JUAN GÓMEZ RENDÓN

DIRECCIÓN: RECINTO SAN CRISTÓBAL,
VÍA TAMARINDO.

ESTE:

5811360604,00

NORTE:

97413915856,00