



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTO DE LA VÍA CRS TURI – SAN PEDRO DE
HIERBA BUENA, EN LA PARROQUIA TURI, CANTÓN CUENCA**

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

AUTOR: LUIS GUSTAVO JARA GÓMEZ

TUTOR: ING. CRISTIAN DANILO BUSTOS CABRERA, MGST.

Cuenca - Ecuador

2023

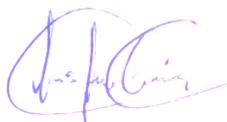
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Gustavo Jara Gómez con documento de identificación N° 0105993620, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente proyecto de titulación.

Cuenca, 10 de julio del 2023

Atentamente,



Luis Gustavo Jara Gómez

0105993620

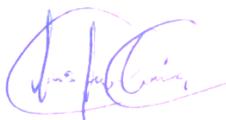
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

Yo, Luis Gustavo Jara Gómez con documento de identificación N° 0105993620, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto de investigación: “Diseño geométrico y de pavimento de la vía CRS Turi – San Pedro de Hierba Buena, en la parroquia Turi, cantón Cuenca”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Cuenca, 10 de julio del 2023

Atentamente,



Luis Gustavo Jara Gómez

0105993620

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Danilo Bustos Cabrera con documento de identificación N° 0301288262, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTO DE LA VÍA CRS TURI – SAN PEDRO DE HIERBA BUENA, EN LA PARROQUIA TURI, CANTÓN CUENCA, realizado por Luis Gustavo Jara Gómez con documento de identificación N° 0105993620, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto de investigación que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 10 de julio del 2023

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
CRISTIAN DANILLO
BUSTOS CABRERA

Ing. Cristian Danilo Bustos Cabrera, Mgst.

0301288262

DEDICATORIA

Quiero dedicar a mi familia, quienes han sido el total apoyo durante todo este proceso. Gracias por su tiempo y paciencia al no dejar de creer en mí en todo momento. Sin su apoyo alcanzar cualquier logro sería más complicado. A mi tutor de tesis, quiero expresar mi más profundo agradecimiento. Su guía experta, su dedicación y su constante disposición para brindarme orientación han sido invaluable. Gracias por compartir su conocimiento y por inspirarme a superar mis propios límites. También quiero agradecer a mis amigos y compañeros de estudio, quienes me han brindado su apoyo y aliento en cada etapa de esta investigación. Sus palabras de aliento, su colaboración y su amistad han sido fundamentales para mantenerme motivado y enfocado en mi objetivo.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración a lo largo de esta travesía académica. Gracias por su amor incondicional, por creer en mí y por motivarme a alcanzar mis metas. Su apoyo emocional y sacrificio han sido invaluableles en cada paso que he dado. No puedo dejar de mencionar a mis profesores que me han brindado una educación de calidad. Agradezco a cada uno de los ingenieros por su dedicación, por transmitirme su pasión por el conocimiento y por desafiarme intelectualmente. Su guía y enseñanzas han sido fundamentales para mi formación como profesional. Además, quiero reconocer a todos los participantes de mi investigación y a aquellos que han brindado su apoyo en la recopilación de datos. Sin su contribución y disposición, este trabajo no habría sido posible. Aprecio sinceramente su tiempo y su voluntad de participar en este proyecto de investigación.

Resumen:

En la actualidad el centro de rehabilitación social de Turi y la comunidad de San Pedro de Hierba Buena están conectados por una vía, la cual se encuentra en deterioradas condiciones, por ende, se realizó este proyecto de investigación del diseño geométrico y diseño de pavimento en la vía, y se realizó un proceso de planificación para el diseño de la vía. Ya que el problema de la optimización de la geometría y la estructura de la vía van afectar de manera significativa el flujo del tráfico, además de la seguridad y la eficiencia del transporte. Se tiene en cuenta los antecedentes de este camino como estar ubicado en una zona montañosa y tener pendientes muy pronunciadas, estar ubicada en una zona rural de la ciudad y no contar con el acceso del transporte público de la ciudad como buses que lleguen hasta el lugar por las condiciones que se presentan en el sector como son los factores climáticos y el estado de la vía. El diseño se lo realizó con la Norma MTOP (2003), así como la AASHTO (1993). Enfocándose en solucionar la geometría que se ha obtenido mediante los levantamientos topográficos y su respectivo diseño con la herramienta del software de Civil 3D y posterior a esto y se obtuvo como resultados un radio mínimo de 40 m y la velocidad de diseño de 40 km/h, pendientes longitudinales máximas de 12 % y el ancho de la calzada de 6.70 m de ancho. Para el estudio de suelos que se tomó las calicatas que se realizaron a lo largo del tramo de vía y se obtuvo los valores de CBR. Finalmente, mediante el conteo vehicular se logró obtener un TPDA de 430 vehículos, excluyendo las motocicletas, posterior a esto se proyectó para 20 años donde se obtuvo 536 vehículos, y se consideró como vía de clase III, dentro de los caminos vecinales.

Palabras clave: Cuenca. Diseño geométrico. Diseño de pavimento. Turi. Estudio de suelos. Tráfico. Consideraciones.

Abstract:

At present, the Turi social rehabilitation center and the community of San Pedro de Hierba Buena are connected by a road, which is in deteriorated conditions, therefore, this research project on geometric design and pavement design was carried out in the road, and a planning process was carried out for the design of the road. Since the problem of optimization of the geometry and the structure of the road will significantly affect the flow of traffic, in addition to the safety and efficiency of transport. The background of this road is considered, such as being located in a mountainous area and having very steep slopes, being located in a rural area of the city and not having access to public transport from the city such as buses that reach the place. due to the conditions that occur in the sector such as climatic factors and the state of the road. The design was carried out with the MTOP Standard (2003), as well as the AASHTO (1993). Focusing on solving the geometry that has been obtained through topographic surveys and their respective design with the Civil 3D software tool and after this, and a minimum radius of 40 m and a design speed of 40 km/h were obtained as results. maximum longitudinal slopes of 12% and the width of the roadway of 6.70 m wide. For the soil study, samples were taken from the test pits that were carried out along the section of track studied and the CBR values were obtained. Finally, through the vehicle count, it was possible to obtain a TPDA of 430 vehicles, excluding motorcycles, after which it was projected for 20 years where 536 vehicles were obtained, and it was considered as a class III road, within the neighborhood roads.

Key words: Cuenca. Considerations. Design. Geometric design. Pavement. Soil. Study. Traffic. Turi.

Índice de contenido

CAPÍTULO I	1
1. Introducción	1
2. Planteamiento del problema	2
2.1. Antecedentes.....	2
2.2. Formulación del problema.....	3
2.3. Importancia y alcances.....	4
3. Justificación y Delimitación	6
3.1. Estado del arte.....	6
3.2. Justificación.....	8
3.3. Delimitación.....	9
3.4. Grupo Objetivo	9
4. Objetivos Generales y Específicos	10
4.1.1. Objetivo General.....	10
4.1.2. Objetivos Específicos	10
5. Marco Teórico	11
CAPÍTULO 2	11
5.1. Topografía y características físicas del relieve	11
5.1.1. Reconocimiento	12
5.1.1.1. Reconocimiento terrestre.....	12
5.1.2. Ubicación	13
5.1.3. Selección de Ruta	14
5.1.4. Levantamiento topográfico	15
5.2. Equipo del levantamiento topográfico	18
5.3. Estructura de los puntos en Civil 3D.....	18
CAPÍTULO 3	19
5.4. Tráfico.....	19
5.5. Tráfico Promedio Diario Anual.....	19
5.5.1. Proceso de Cálculo del TPDA	20
5.5.2. Tipos de conteo.....	20
5.3.2.1. Manual.....	20
5.3.2.2. Automático	20

5.5.3.	Período de observación.....	20
5.5.4.	Variaciones de tráfico	21
5.5.5.	Cálculo de variaciones	21
5.5.6.	Cálculo en proyecto.....	22
5.6.	Tráfico Futuro.....	26
5.6.1.	Crecimiento normal del tráfico actual	26
5.6.1.1.	Tráfico existente.....	26
5.6.1.2.	Tráfico desviado.....	26
5.6.2.	Cálculos del tráfico para obtener nuestro ESALS.....	27
CAPÍTULO 4.....		32
5.7.	Diseño Geométrico de Carreteras	32
5.7.1.	Clasificación de Carreteras de Acuerdo al Tráfico	32
5.7.2.	Clases de carretera.....	33
5.7.3.	Corredores Arteriales.....	34
5.7.4.	Vías Colectoras.....	34
5.7.5.	Caminos Vecinales	34
5.8.	Velocidad de Diseño.....	36
5.8.1.	Clasificación según condiciones orográficas.....	38
5.9.	Vehículo Tipo	39
5.10.	Alineamiento Horizontal	40
5.10.1.	Tangentes de Alineamiento	41
5.10.2.	Curvas Circulares	41
5.10.2.1.	Grado de Curvatura.....	41
5.10.2.2.	Radio de Curvatura.....	41
5.10.3.	Radio Mínimo de Curvatura Horizontal	42
5.10.4.	Elementos Principales de la Curva Circular Simple.....	42
5.10.4.1.	Ángulo central.....	42
5.10.4.2.	Longitud de Curva	43
5.10.4.3.	Tangente de Curva o Subtangente.....	43
5.10.5.	External	44
5.10.6.	Cuerda	44
5.10.7.	Espirales o Clotoides	45
5.10.8.	Curvas de Transición	45
5.10.9.	Clotoide o Espiral de Punta.....	45
5.10.10.	Elementos Característicos Principales	46

5.10.10.1. Longitud de la espiral.....	46
5.10.10.2. Deflexión de la Espiral	48
5.10.10.3. Longitud Total de la Curva	48
5.10.11. Cálculo de los Elementos de la Curva Espiral.....	49
5.11. Peralte.....	49
5.11.1. Magnitud del Peralte	52
5.11.2. Longitud de Transición	55
5.11.3. Longitud Tangencial.....	56
5.12. Cuadros de diseños para distancia de vehículos de 6.10 m.....	58
5.13. Distancias de Visibilidad.....	59
5.13.1. Distancia de Visibilidad para la parada de un vehículo	59
5.14. Alineamiento Vertical	62
5.14.1. Gradientes.....	62
5.15. Curvas Verticales.....	62
5.15.1. Curvas Verticales Convexas.....	63
5.15.2. Curvas Verticales Cóncavas.....	64
5.16. Criterios Generales para el Alineamiento Vertical	66
5.17. Estudio de Suelos del Lugar de Investigación	68
5.17.1. Características de la Subrasante.....	70
5.17.2. Excavación de Calicatas.....	71
5.18. Ensayos de Laboratorio.....	73
5.18.1. Ensayos de CBR	73
5.18.2. Ensayos de Clasificación de Suelos	77
5.18.3. Ensayos de Compactación Proctor Modificado.....	77
5.19. Cálculo de la Estructura de Pavimentos Rígidos	80
5.19.1. Subrasante.....	81
5.19.2. Subbase.....	81
5.19.3. Losa o pavimento.....	82
5.19.4. Factores de Diseño.....	82
5.19.5. Variables de Diseño	83
5.19.6. Confiabilidad	85
5.19.8. Índice de Serviciabilidad Inicial	86
5.19.9. Índice de Serviciabilidad Final	86
5.19.10. Módulo de Relación de la Subrasante	87
5.19.11. Módulo de Ruptura del Concreto	88
5.19.12. Módulo de Elasticidad del Acero	89

5.19.13. Drenaje	89
5.19.14. Coeficiente de Transferencia de Carga	91
5.20. Cálculos de Pavimento Rígido	91
6. Análisis de resultados.....	93
7. Cronograma	94
8. Conclusiones.....	95
9. Referencias Bibliográficas	97
Anexos	98

Lista de Tablas

CAPÍTULO 2	11
Tabla 1	13
Tabla 2.....	17
CAPÍTULO 3	19
Tabla 3.....	23
Tabla 4.....	23
Tabla 5.....	24
Tabla 6.....	25
Tabla 7.....	25
Tabla 8.....	27
Tabla 9.....	28
Tabla 10	28
Tabla 11.....	29
Tabla 12	30
Tabla 13	31
Tabla 14	32
CAPÍTULO 4	32
Tabla 15	37
Tabla 16	38
Tabla 17	67

Tabla 1868

Tabla 1971

Tabla 19 77

Tabla 2084

Tabla 2185

Tabla 22.....86

Tabla 23.....92

Tabla 23.....92

Tabla 23.....92

Tabla 23.....93

Lista de Figuras

Figura 1.	Mapa de ubicación de la parroquia Turi de Jiménez Rivas, 2019	13
Figura 2.	Inicio de la Vía a San Pedro de Agua Santa (0+000.00).....	14
Figura 3.	Estación total usada para el levantamiento topográfico.....	18
Figura 4.	Visualización del levantamiento topográfico en Civil 3D	18
CAPÍTULO 3		19
Figura 5.	Tasas de crecimiento de tráfico según Manual de DisGeo 2003	27
Figura 7.	Clasificación según la relación entre el tráfico y su clase de la MOP	33
Figura 8.	Resumen de los Pesos y Dimensiones de Buses y Camiones según la MOP 35	
Figura 9.	Tipo de Camión según MOP.....	40
Figura 10.	Coefficientes de fricción lateral en relación a la velocidad según MTOP 2003 51	
Figura 11.	Gradiente longitudinal que es necesaria para el desarrollo del peralte según MTOP 2013	55
Figura 12.	Longitud máxima de transición en función del peralte máximo según la NEVI 12 57	
Figura 13.	Longitud mínima de transición en función de la velocidad de diseño según la NEVI 12	57
Figura 14.	Cuadro de peraltes, sobreamchos y longitudes X, L para el desarrollo de una carretera de 2 carriles y un ancho de vía de 7.35m según la MTOP, 2013.....	58
Figura 15.	Valores de diseño que se pueden usar en el diseño de las distancias de visibilidad mínima para parada según Manual DisGeo.....	61
Figura 16.	Distancia de visibilidad mínima para parada de un vehículo con dos	
Figura 17.	Valores de Diseño de las Gradientes Longitudinales Máximas.....	62

Figura 18.	Coeficiente K para Curvas Verticales Convexas Míminas	64
Figura 19.	Coeficiente K para Curvas Verticales Cóncavas Míminas.....	66
Figura 20.	Mapa Geológico de Cuenca. Escala 1:50.000	70
Figura 21.	Exploración Calicata #1 PCA.....	72
Figura 22.	Exploración Calicata #2 PCA	72
Figura 23.	Exploración Calicata #3 PCA	73
Figura 24.	Ensayo CBR para la Calicata #1 PCA	75
Figura 25.	Ensayo CBR para la Calicata #2 PCA.....	76
Figura 26.	Ensayo CBR para la Calicata #3 PCA.....	76
Figura 27.	Resultados ensayo Proctor Modificado Calicata #1 PCA.....	78
Figura 28.	Resultados ensayo Proctor Modificado Calicata #2 PCA	79
Figura 29.	Resultados ensayo Proctor Modificado Calicata #3 PCA	80
Figura 30.	Esquema del comportamiento de pavimentos.....	81
Figura 32.	Niveles de Confiabilidad según AASHTO, 93	85
Figura 33.	Relación aproximada entre los valores k y las distintas propiedades de los suelos según ASTM, 97.....	88
Figura 34.	Sección de una base permeable con berma de concreto según ASTM, 9790	
Figura 35.	Valores recomendados para el coeficiente de Drenaje según AASHTO, 93	
Figura 36.	Coeficiente de Transferencia de Carga en relación al ESALS de la	

1. Introducción

En el proyecto de una carretera, la infraestructura vial es muy importante para la comunicación y el transporte interno de la comunidad y el centro de rehabilitación social de Turi, donde el correcto diseño geométrico establece su configuración geométrica donde su fin es que la vía sea funcional, económica y sostenible con el medioambiente al estar en una zona rural y montañosa. Para el diseño geométrico debe ajustarse a las varias necesidades que tiene un camino vecinal como su funcionalidad para el tránsito, la seguridad vial, y ser eficiente, para conseguir todo esto se plantea que los diferentes elementos geométricos existentes en conjunto con la velocidad y otros parámetros de diseño que se rigen a diferentes normas, como resultado, se obtenga la reducción de situaciones que afecten a los conductores y pongan en riesgo al conducir. Las vías en buen estado, nos ofrecen beneficios, y estos están reflejados en la seguridad de los usuarios al momento de su tránsito por la vía bajo condiciones climáticas variadas, la comodidad de los usuarios al transitar adecuadamente, una importante reducción de los costos de transporte más que nada el transporte público, la facilidad para el acceso al centro de rehabilitación de Turi e indirectamente se logrará el desarrollo comercial debido a que es un centro regional.

En este presente proyecto se desarrolló el diseño geométrico de la vía que una al centro de rehabilitación de Turi con la comunidad de San Pedro de Hierba Buena de 1.15 km. Esta carretera presenta varias deficiencias geométricas, y debido a eso, estas causan un riesgo provocando accidentes frecuentemente, entonces este es el motivo por el cual es necesario el diseño, más que nada, el mejorar la calidad de vida de las personas que viven en la comunidad de San Pedro de Hierba Buena.

2. Planteamiento del problema

2.1. Antecedentes

Dentro de la vialidad es importante tener en cuenta algunos aspectos clave relacionados con el tema, ya que las comunidades cercanas se comunican mediante esta vía diseñada. Por ende, la movilización es una actividad presente en la comunidad durante estos años, donde se ha visibilizado algunos cambios y avances, con la tecnología y diseño de estructuras en nuestras vías, y así lograr que se mejoren los resultados que se obtengan en cuanto a la calidad de una vía y su accesibilidad.(Bernaola, 2014). Según el (GAD Parroquial de Turi, 2018), esta parroquia se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Esta parroquia tiene una larga historia que se remonta a la época precolombina, cuando los indígenas Cañaris habitaban esta zona. También se construyó una fábrica de cerveza en la zona, que se convirtió en una de las más importantes del país. En la actualidad, Turi es una parroquia muy poblada y urbanizada, con una gran cantidad de servicios y comercios. La iglesia de San Francisco de Turi sigue siendo un importante punto de referencia cultural y religioso para la comunidad local. Se conoce que, en las vías de Cuenca, Ecuador se remontan a la época precolombina, cuando los pueblos indígenas construyeron caminos para comunicarse y comerciar con otras regiones, se construyeron carreteras para facilitar la explotación de los recursos minerales y agrícolas de la región. Tiempo atrás, Cuenca se convirtió en un importante centro comercial y cultural, y la construcción de carreteras y puentes se convirtió en una necesidad para conectar la ciudad con otras regiones del país y se convirtió en una prioridad para el desarrollo económico de la región. En la actualidad, Cuenca cuenta con una modernas carreteras y autopistas que conectan la ciudad con las principales ciudades y regiones del país.

Según el (GAD Parroquial de Turi, 2020), La parroquia ha experimentado una serie de cambios y mejoras en su infraestructura vial a lo largo de los años. En la época precolombina, los caminos eran principalmente senderos y trochas utilizados por los indígenas Cañaris para conectarse con otras comunidades de la región. Durante la época colonial, se construyeron caminos de tierra para conectar las haciendas y las iglesias de la zona. En la época republicana, con el auge de la producción de ladrillos y tejas, se construyeron nuevas vías de acceso para facilitar el transporte de estos materiales. En las últimas décadas, se han realizado importantes inversiones en la infraestructura vial de Turi. Se ha mejorado la calidad de las carreteras y se han construido nuevas vías de acceso para facilitar el tráfico de vehículos y mejorar la conectividad con otras parroquias y ciudades cercanas. (Municipal et al., n.d.)

En 2018, se inauguró el nuevo puente de Turi, que reemplazó al antiguo puente de madera que se encontraba en muy mal estado. El nuevo puente es una importante obra de infraestructura que ha mejorado significativamente la seguridad vial en la zona. En resumen, la infraestructura vial de Turi ha experimentado una transformación a lo largo de la historia, con mejoras significativas en las últimas décadas para la movilidad y la seguridad de los residentes y visitantes de la parroquia.

2.2. Formulación del problema

Conocemos que la falta de seguridad vial es un problema grave que afecta a todos los habitantes del sector, por lo que el sistema vial involucra factores como la infraestructura vial, la reacción y la conducción de los transeúntes, los automóviles y las políticas internas.

Algunos de los principales problemas son el exceso de velocidad en pendientes muy

pronunciadas, la conducción deficiente debido al tipo de terreno, el consumo de alcohol y drogas al conducir por parte de los conductores, el mal uso de cinturones de seguridad y el uso inadecuado de asientos infantiles, así como, la falta de mantenimiento adecuado de los vehículos y las carreteras. Debemos considerar estos problemas, se requiere una estrategia integral que involucre a todas las partes interesadas, tanto los conductores como los peatones, los fabricantes de automóviles, los gobiernos o entidades designadas a la regulación como en nuestra ciudad la EMOV EP. Esto podría incluir campañas de concientización pública, políticas de seguridad vial claras, mejoras viales.

El diseño de la geometría de la vía es importante para el sector, ya que si no se soluciona sería un problema que afecta a todas las personas de la comunidad, y se deberán para superar estos problemas en la vía, y a la par tomar en consideración el respetar las normas de tránsito, conducir con precaución y a la defensiva como se indica en los cursos de manejo, usar cinturones de seguridad y adecuada seguridad infantil, además de ser un peatones más responsables y conscientes del tráfico como un complemento para la seguridad vial.

2.3. Importancia y alcances

El diseño geométrico y de pavimentos son aspectos críticos en la planificación y construcción de carreteras en nuestro medio, ya que estos influyen en la estructura de nuestra vía e influyen en las consideraciones que nos presentan en la (MTO, 2003). El diseño geométrico se refiere a la forma y características físicas de la carretera, incluyendo su ancho, curvas, pendientes, peralte, y señalización, entre otros aspectos que son característicos de la Parroquia. El diseño de pavimentos se refiere a la elección

de dimensiones adecuadas mediante el tránsito y tráfico del lugar y especificación de los materiales, así como las técnicas para construir y mantener la superficie de la carretera estable y funcional.

Para el sector de Turi un buen diseño geométrico y de pavimentos puede mejorar la seguridad vial al proporcionar una superficie de carretera adecuada para el tráfico y reducir la probabilidad de accidentes o incidentes que afecten el uso de la vía en una zona de cárcel regional. Por ejemplo, las curvas y pendientes adecuadas pueden ayudar a los conductores a mantener el control del vehículo respetando la topografía del lugar y sus características, mientras que un pavimento bien diseñado puede mejorar la tracción y reducir la distancia de frenado. (Bernaola, 2014)

Además, también de mejorar la eficiencia del transporte al reducir los tiempos de viaje del transporte público y los costos en mantenimiento de los vehículos que transitan por esta vía. Conocemos que, una carretera que tiene curvas suaves y un pavimento suave y uniforme puede permitir que los vehículos viajen a velocidades más altas y con mayor eficiencia de combustible, en este caso se busca eso, pero respetar los límites de las velocidades de diseño adecuadas para el terreno.

3. Justificación y Delimitación

3.1. Estado del arte

En el sector de San Pedro de Hierba Buena se comunica con otras comunidades al utilizar la vía de 1.15 km de longitud. Su construcción tiene una antigüedad aproximada de 30 años y su geometría no es la adecuada en el trazado geométrico y pierde la eficiencia, por esto, se debe reducir la velocidad de diseño y usar radios de curvatura que aporten al diseño y a la geometría del lugar y de esta manera se puede mejorar la estructura vial. Al tener claro las necesidades del proyecto de investigación de la vía, se resalta la importancia del diseño geométrico de la misma, ya que en esta etapa se reúnen todas las condiciones geométricas tridimensionales de manera que la vía sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente. En el Ecuador, la determinación de los estándares y lineamientos para el cálculo de dichos parámetros se establece a través de las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2003), en la cual se diferencian varios tipos de carreteras de acuerdo al tráfico de diseño. (Dempsey, 1969; Lanotte & Kutay, 2017)

Los parámetros empleados para el diseño geométrico de una carretera se pueden clasificar en el diseño vial:

Enfoque en la seguridad vial: El diseño vial se centra en mejorar la seguridad de los usuarios de las vías. Se utilizan softwares y herramientas como Excel para el correcto diseño.

Diseño para la movilidad sostenible: Con la creciente conciencia sobre el medio ambiente, el diseño vial se orienta hacia la promoción de modos de transporte más sostenibles, como el transporte público, la bicicleta y el peatón. Se están implementando diseños de vías que fomentan la coexistencia segura y eficiente de diferentes modos de transporte, pero en este caso solo se consideró el transporte al público.

Uso de tecnología avanzada: La tecnología desempeña un papel importante en el diseño vial. Se utilizan sistemas de información geográfica y software de modelado 3D para analizar y simular diferentes escenarios de diseño. Además, la incorporación de sensores y cámaras en las vías permite recopilar datos previos al diseño como se realizó en el conteo vehicular.

En cuanto al pavimento: Mayor durabilidad y vida útil: Se están desarrollando nuevos materiales y técnicas de construcción de pavimentos para aumentar su durabilidad y vida útil. Esto incluye el uso de mezclas asfálticas modificadas con polímeros y aditivos especiales que mejoran la resistencia a la fatiga y a la deformación, así como la implementación de técnicas de construcción avanzadas, como la pavimentación por capas múltiples. Para abordar los problemas de drenaje y gestión del agua, se diseñan pavimentos permeables. Estos pavimentos permiten que el agua se filtre a través de ellos. Estos pavimentos son útiles para las condiciones de la vía, como la temperatura, el nivel de humedad y el peso del tráfico. Esta información puede ser utilizada para optimizar el mantenimiento de la vía en mayor plazo, programar reparaciones y mejorar la seguridad vial.

3.2. Justificación

Los resultados del proyecto de investigación podrían ser utilizados por otros profesionales y organismos encargados de la planificación y gestión de la infraestructura vial. La necesidad de mejora de las carreteras son un elemento fundamental de la infraestructura de transporte, y su estado y calidad afectan directamente a la seguridad y la eficiencia del tráfico. En muchos países, existen carreteras en mal estado o que no cumplen con los estándares técnicos y normativos necesarios. Por lo tanto, se resalta el contribuir a mejorar la calidad de las carreteras y, por ende, la calidad de vida de los ciudadanos. Dentro de la importancia económica, las carreteras son una importante inversión económica para los gobiernos y las entidades de control como en la ciudad como el Municipio de Cuenca. Por lo tanto, un diseño geométrico y de pavimento eficiente y bien planificado puede contribuir a la reducción de costos en su construcción, el mantenimiento y la operación de la vía e identificar alternativas y soluciones que optimicen la inversión realizada. En cuanto a las tendencias actuales, el diseño geométrico y de pavimento de carreteras es un tema que está en constante evolución debido a la aparición de nuevas tecnologías que benefician su uso y mejoramiento en cuanto a la durabilidad al pasar los años y el tipo de uso de estas estructuras, cambios en el tráfico y la necesidad de adaptarse a los factores actuales que están en nuestra ciudad y con más razón si es zona rural, como el cambio climático y la movilidad sostenible debido a los efectos positivos que tienen, además de explorar y proponer soluciones innovadoras y sostenibles. Para el diseño de la estructura de pavimentos se utilizará la (AASHTO, 1993). Aunque los problemas relacionados con el diseño de carreteras son de carácter zonal debido a la ruralidad y sus factores y pueden ser abordados por organismos competentes tanto municipales como provinciales de forma

individual o en colaboración con universidades estatales o privadas que ayuden y aporten en la cooperación de la investigación de este tipo de proyectos en fin del bien común de los beneficiarios y el orden el sector rural, ya que, el crecimiento acelerado del transporte y las tecnologías asociadas están generando problemas cada vez más complejos. Por esta razón, se considera que estos problemas pueden abordarse de manera más efectiva mediante un programa coordinado de investigación corporativa entre las entidades o empresas públicas con los profesionales y estudiantes.(Farinango, 2014)

3.3. Delimitación

En el diseño geométrico y diseño de pavimento se enfoca el establecer los criterios y métodos para el diseño de la estructura del pavimento y el alineamiento de una vía en mal estado, considerando factores como el tipo y calidad de los materiales disponibles al sur de nuestra ciudad, las condiciones climáticas extremas en temporadas que existen en Turi y la intensidad del tráfico que por ende el problema de estudio se delimitará en las siguientes dimensiones que se tomaron en cuenta con discreción. Se encuentra en el cantón Cuenca al Sur de la ciudad, específicamente en una vía de la comunidad de San Pedro de Hierba Buena en las coordenadas UTM Zona 17 S WGS84 en X:721844.90, y en Y: 9675359.80 tomadas en cuenta para focalizar el inicio de nuestra investigación.

3.4. Grupo Objetivo

La orientación del presente trabajo está dada hacia la Parroquia de Turi y la comunidad estudiantil de la Universidad Politécnica Salesiana, dada como respaldo donde se permita tener referencias de la vía, los estudios y el diseño geométrico y de pavimentos con el fin

de realizar análisis y comparación de resultados. Y también usar para en un futuro ejecutar los diseños realizados en base a los diferentes estudios y cumplir con el fin de que la vía este realizada dentro de los diseños de investigación del proyecto en cuestión.

4. Objetivos Generales y Específicos

4.1.1. Objetivo General

- Diseñar la geometría y la estructura de pavimento de la vía del sector de San Pedro de Hierba Buena, considerando las condiciones del suelo, topográficas, hidrológicas y el tráfico vehicular del lugar.

4.1.2. Objetivos Específicos

- Realizar los levantamientos de suelos, de topografía y conteo vehicular de tráfico, útiles para la elaboración del diseño geométrico y de pavimento de la vía.
- Diseñar el trazado y alineamiento de una carretera y la estructura de pavimento flexible para la vía, tomando en consideración las limitaciones topográficas del terreno y las condiciones del suelo e hidrológicas de su emplazamiento considerando la temporada de investigación.
- Evaluar, corregir y validar los parámetros de diseño mediante la consideración de una serie de factores técnicos y normativos, que garantizan la calidad, durabilidad y la sostenibilidad del mantenimiento de la infraestructura vial.

5. Marco Teórico

Para el diseño de este proyecto se realizó con en las normas del (MTOPI & NEVI-12, 2013), se han tomado en cuenta varios criterios muy importantes y fundamentales para poder distribuir la planificación y beneficiar la investigación del proyecto, al tener parámetros conocidos y evidentes al ser una zona rural, que debe cumplir normas específicas para un correcto diseño, estos parámetros van a tener que ser modificados en razón de las prioridades del diseño y la sostenibilidad al saber que el proyecto se encuentra en un terreno montañoso. Además de garantizar la durabilidad y el mantenimiento de esta vía muy importante para el sector de Turi donde nos enfocaremos en las disposiciones de la (AASHTO, 1993).

CAPÍTULO 2

5.1. Topografía y características físicas del relieve

La topografía del proyecto es extremadamente importante cuando se realizan estudios sobre el diseño geométrico de la carretera, que es un factor decisivo en la elección de los valores de diseño. Las características geométricas del camino se determinan en base a las características topográficas del paisaje: llano, ondulado y montañoso, que puede ser llano o empinado a la vez. El terreno es llano si las pendientes no dominan el camino. Es una moda de superficie ondulada cuando se reconoce la pendiente del terreno sin cruzarse con las pendientes longitudinales que se le pueden dar al trazado. Y finalmente, la superficie del terreno es montañosa si las pendientes de diseño dominan el arreglo, y templada si la pendiente transversal del terreno es menor o igual al 50%, y empinada si dicha pendiente es mayor al valor mencionado. La presencia del factor topográfico en los costos de

construcción de un proyecto vial es significativa y limitante en términos de nivelación, líneas curvas y características geométricas transversales. Con base en estas consideraciones, se determinó que en la investigación vial se presta especial atención a la determinación del parámetro básico del diseño vial, la velocidad, la cual está íntimamente relacionada con la topografía del paisaje. Por lo tanto, en el diseño geométrico de caminos, la velocidad recibe un valor alto en terreno llano, un valor medio en terreno ondulado y un valor bajo en terreno montañoso. Las características geométricas de la sección típica son función de la topografía del terreno, donde el valor de la pendiente transversal del terreno es de gran importancia. Si la topografía del terreno es plana y montañoso, se puede decir que es favorable en cuanto a la cantidad de posibles movimientos de tierra.(MTOPI, 2003)

5.1.1. Reconocimiento

Se reconoce el lugar donde se va a estudiar el proyecto, y determinar la geometría del lugar. Para esto se realizó trabajo de campo en la zona de investigación del proyecto para reconocer todas las características físicas que serán fundamentales para arrancar con los estudios del proyecto.

5.1.1.1. Reconocimiento terrestre

Al tener en cuenta los recursos tanto físicos como económicos y determinando el nivel de investigación necesario para este proyecto, es suficiente realizar un completo reconocimiento en tierra sabiendo que es muy efectivo debido a que no se puede tomar áreas grandes por las restricciones que hay alrededor de la vía. Este se llevó a cabo después de haber revisado la carta topográfica y las rutas existentes del sector de estudio.

5.1.2. Ubicación

El sector denominado San Pedro de Agua Santa se encuentra localizado hacia el sureste de la parroquia Turi en el cantón Cuenca perteneciente a la provincia de Azuay, cuyas coordenadas UTM (Datum WGS84 17S) donde se visualizará en la siguiente tabla 1. Y además un mapa de ubicación de la parroquia Turi en la siguiente figura 1.

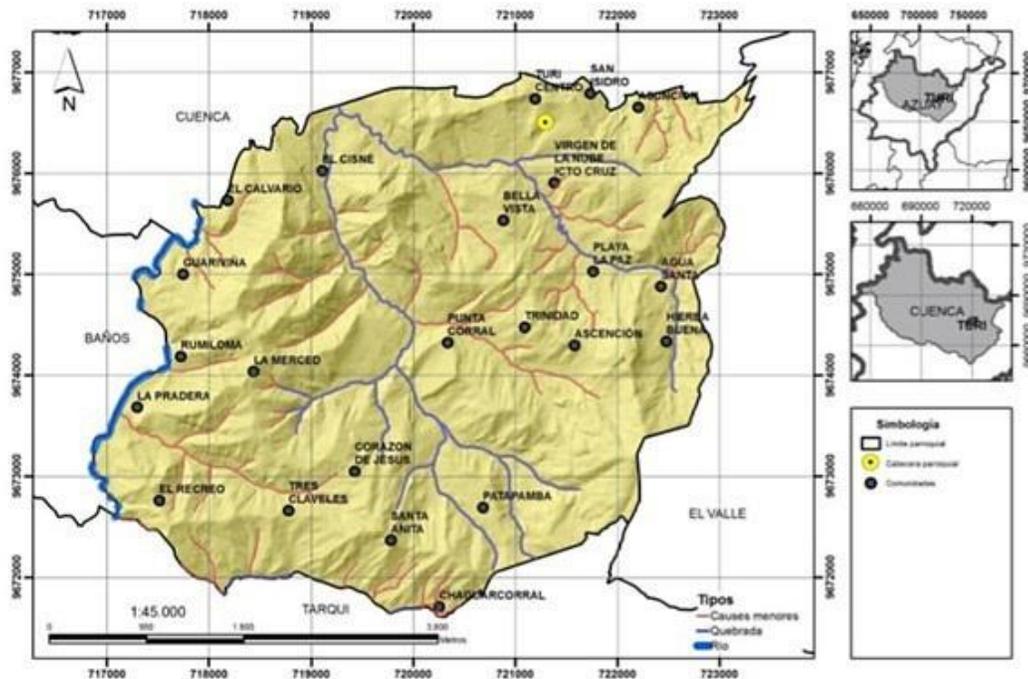
Tabla 1

Coordenadas y Altitud del lugar de investigación

Coordenadas UTM – Zona 17 S Datum WGS84			
Punto	Coordenada Este (m)	Coordenada Norte (m)	Altura (m.s.n.m.)
Turi	721863.376	9675344.79	2653.063

Fuente: elaboración propia

Figura 1. Mapa de ubicación de la parroquia Turi



Fuente: Jiménez Rivas, (2019)

5.1.3. Selección de Ruta

Actualmente, existe una trocha en dirección hacia San Pedro de Agua Santa, que va desde la vía del CRS Turi con una distancia aproximada de 1.150 kilómetros, la cual permite el acceso de ciertos vehículos motorizados. Sin embargo, el acceso a San Pedro de Agua Santa por este medio a partir del fin de la trocha se imposibilita dado que en ese punto la cota de altura es demasiado baja con respecto a su destino, obligando a seguir trayectos con pendientes elevadas que pueden llegar aproximadamente hasta un % alto para llegar al destino propuesto. Es importante destacar que, junto al ingreso actual a San Pedro de Agua Santa, existe una trocha abierta de una distancia aproximada de 200 metros. En la ilustración se puede visualizar el ingreso existente a la trocha ya mencionada, y es obviamente este se va a tomar como el punto de inicio del trazado de la vía en la siguiente figura 2.

Figura 2. *Inicio de la Vía a San Pedro de Agua Santa (0+000.00)*



Fuente: Elaboración propia

5.1.4. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es un proceso mediante el cual se obtiene información detallada sobre la forma y características del terreno, incluyendo su altitud y ubicación de puntos específicos. Este tipo de levantamiento es esencial para diversos proyectos de ingeniería, arquitectura, construcción y planificación de infraestructuras, entre otros. Permite obtener una representación precisa del terreno en forma de mapas o modelos digitales.

Algunos pasos clave según (Guillermo & Daza, 2015; Rodríguez, 2022) en un levantamiento topográfico típico incluyen:

- **Planificación:** Antes de comenzar el levantamiento, se debe realizar una planificación adecuada, definiendo el área de estudio y los puntos clave que se medirán. También se selecciona el equipo de medición más apropiado para el trabajo.
- **Medición:** El proceso de medición puede variar dependiendo de la tecnología utilizada. Tradicionalmente, se utilizaban instrumentos como niveles y teodolitos para medir distancias horizontales y verticales entre puntos de referencia. En la actualidad, se emplean tecnologías más avanzadas como estaciones totales, para obtener mediciones más precisas y rápidas.
- **Establecimiento de puntos de control:** Se deben ubicar puntos de control bien definidos y conocidos en el terreno para permitir una referencia precisa durante todo el proceso de medición.

- **Procesamiento de datos:** Una vez completadas las mediciones de campo, los datos recopilados se procesan utilizando software especializado para crear representaciones del terreno, como mapas topográficos o modelos 3D.
- **Generación de resultados:** Los resultados del levantamiento topográfico se presentan en forma de planos, mapas, perfiles del terreno, modelos digitales y otros formatos, dependiendo de las necesidades del proyecto.

En la siguiente tabla podemos observar algunos de los puntos de control para el levantamiento mediante la estación total y quedaron en el lugar para que de alguna manera pueda realizarse el replanteo en una ejecución de obra en esta vía.

Tabla 2*Puntos de control del levantamiento topográfico*

Punto	Y	X	Elevación	Descripción
341	9675324.63	721873.555	2654.701	NRT
342	9675350.76	721853.268	2654.851	R1
343	9675114.41	722224.055	2663.551	R10
344	9675102.09	722150.187	2664.517	R11
345	9675094.77	722333.41	2657.763	R12
346	9675105.5	722196.678	2665.701	R13
347	9675014.9	722310.426	2664.688	R14
348	9675109.1	722319.629	2659.316	R15
349	9675022.79	722301.165	2661.942	R16
350	9674974.89	722394.066	2673.457	R17
351	9674954.71	722484.981	2682.398	R18
352	9674986.23	722371.22	2668.965	R19
353	9675241.98	721938.7	2664.08	R2
354	9674914.56	722539.016	2688.54	R20
355	9674972.73	722451.031	2678.823	R21
356	9674862.89	722506.387	2695.013	R23
357	9674921.08	722536.344	2687.329	R24
358	9674878.39	722525.141	2692.803	R25
359	9674831.67	722440.758	2699.429	R26
360	9674852.94	722490.782	2696.625	R27
361	9674824.38	722359.353	2705.271	R28
362	9674822.4	722371.989	2704.353	R29
363	9675267.88	721915.459	2661.533	R3
364	9674860.21	722315.906	2710.996	R30
365	9675200.17	721983.904	2663.902	R4
366	9675218.84	721959.485	2665.363	R5
367	9675107.71	722126.274	2663.938	R6
368	9675164.74	722035.332	2662.783	R7
369	9675122.32	722092.729	2663.267	R8
370	9675105.45	722196.453	2665.859	R9

Fuente: Elaboración propia

5.2. Equipo del levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico de los puntos se utilizó la estación total con todos los componentes de esta. A continuación, se visualizará parte del equipo para el levantamiento topográfico del proyecto

Figura 3. Estación total usada para el levantamiento topográfico

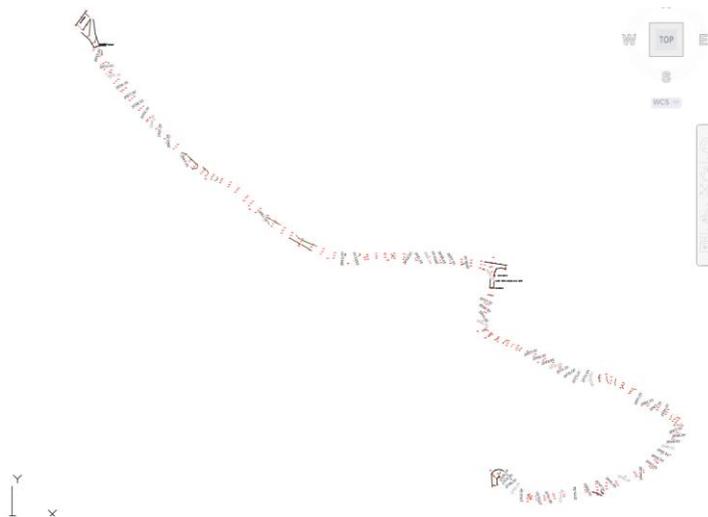


Fuente: Imagen extraída de Trimble (2020)

5.3. Estructura de los puntos en Civil 3D

La estructura de los puntos del levantamiento topográfico y partes de la vía en una primera visualización.

Figura 4. Visualización del levantamiento topográfico en Civil 3D



Fuente: Elaboración propia con herramienta Civil 3D

5.4. Tráfico

A la hora de planificar una vía o su tramo, debe basarse, entre otras cosas, en datos de tráfico, para que pueda compararse con la capacidad, es decir, el número máximo de vehículos en la carretera. Por tanto, el tráfico afecta directamente a las características de la estructura geométrica. Los datos de tráfico deben incluir la determinación del tráfico actual (volúmenes y tipos de vehículos) utilizando pronósticos basados en estudios de tráfico futuros. En el caso de proyectos de carreteras que conciernen a la mejora de carreteras existentes (corrección de trazado, ensanchamiento, asfaltado, etc.) o la construcción de caminos alternativos entre puntos ya conectados en vías de tráfico, es relativamente fácil medir el tráfico actual y pronosticar. demanda futura. Por otro lado, para áreas menos desarrolladas o actualmente sin uso, la estimación del tráfico se vuelve difícil e incierta. Este caso suele ocurrir en nuestro país, donde grandes superficies se encuentran total o parcialmente en desuso. En este sentido, hay que recordar que los proyectos viales en zonas vírgenes o subdesarrolladas no suelen ser proyectos independientes, sino que están vinculados a otros proyectos, principalmente de infraestructura, destinados a explotar los recursos naturales vírgenes de la zona, como proyectos coloniales, proyectos agrícolas, riego, agua o energía termoeléctrica, comercialización, etc. Por lo tanto, es obvio que la demanda de tráfico en el futuro será una consecuencia de este.(Cárdenas, 2015)

5.5. Tráfico Promedio Diario Anual

En el diseño el TPDA según el autor (MTOP, 2003) es una medida utilizada en ingeniería de transporte para referirse al número promedio de vehículos que pasan por un

punto específico de una carretera o vía durante el transcurso de un año. Es una métrica importante para evaluar la capacidad de una carretera, planificar el diseño de la infraestructura vial y tomar decisiones informadas en la gestión del tráfico. El volumen del tráfico como utilización de medida en una carretera en donde se van a tomar en cuenta los siguientes aspectos y factores para su cálculo.

5.5.1. Proceso de Cálculo del TPDA

En este punto se va a determinar el tráfico promedio diario anual en función a los factores de variación, en este punto se realiza el conteo vehicular que sirve para conocer el nivel de tráfico que existe en el lugar de estudio.

5.5.2. Tipos de conteo

5.3.2.1. Manual

En este tipo de conteo se tendrá la información que compone al tráfico de estudio y los giros que se realizarán en cada estación que instalemos, es más seguro a evitar los errores.

5.3.2.2. Automático

En este proceso de conteo vehicular al ser manual se tiene manuales de conteo para establecer la composición del volumen del tráfico y es más sensible a tener errores mínimos.

5.5.3. Período de observación

Se tiene un conteo manual durante 7 días seguidos en una semana en donde no contenga ningún evento especial o festividades locales del sector.

5.5.4. Variaciones de tráfico

Las variaciones de tráfico se conocen como factores que se pueden usar para establecer relaciones entre observaciones de tráfico específicas en estadísticas de incidentes actuales y pasadas que determinan el TPDA para un año escolar. Esta relación se puede establecer considerando que la población se mueve según los hábitos y dado que no existen diferencias en la estructura social del país, en la práctica estas fluctuaciones se mantienen constantes por períodos más o menos largos hasta llegar a TPDA. calculado en base a muestras.(García et al., 2013)

5.5.5. Cálculo de variaciones

Denominados factores que van a ser obtenidos de una muestra considerable dependiendo de los factores, tenemos cuatro que son:

- Factor Horario (FH): es una herramienta importante en la planificación de la capacidad de la carretera y entender como varia el flujo en horas de tráfico a lo largo del día.
- Factor Diario (FD): este factor representa el flujo del tráfico promedio del conteo en relación a las 24 horas del día.
- Factor Semanal (FS): este factor es el que transforma el volumen semanal promedio obtenido en volumen mensual promedio.
- Factor Mensual (FM): este factor transforma el volumen que se obtiene del tráfico promedio diario anual.

Se obtuvo de esta manera los factores, mediante la siguiente ecuación del MTOP

2003:

$$TPDA = T_0 * FH * FD * FS * FM \quad (1)$$

Donde:

TPDA: Tráfico Promedio Diario Anual

T₀: Tráfico observado

FH: Factor horario

FD: Factor diario

FS: Factor semanal

FM: Factor mensual

5.5.6. Cálculo en proyecto

En esta parte del proyecto se presenta tablas resumidas del proceso del cálculo del TPDA de la vía San Pedro de Hierba Buena en Turi.

Tabla 3*Factor Horario y Diario de TPDA*

No. día	HP	Hora Pico	día	Fh	F d	Fs	Fm	FTPDA
día 1	12H30 13H30	21	433	1.0184758	1	1.1071429	1.0945443	1.4732959
día 2	12H30 13H30	22	438	1.0068493	1	1.1071429	1.0945443	2.1780857
día 3	12H30 13H30	25	441	1.0000000	1	1.1071429	1.0945443	1.2558928
día 4	10H30 11H30	24	430	1.0279070	1	1.1071429	1.0945443	1.2456350
día 5	10H30 11H30	26	435	1.0160920	1	1.1071429	1.0945443	1.5199183
día 6	12H15 13H15	22	440	1.0045455	1	1.1071429	1.0945443	1.8017848
día 7	12H15 13H00	21	442	1.0000000	1	1.1071429	1.0945443	1.2118169
Fh		1.02790698						
Fd		1.00000000						

*Fuente: Elaboración propia***Tabla 4***Factor Semanal de TPDA*

MES	No DIAS	No SEMANAS	Fs
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	29	4.142857143	1.035714286
Marzo	31	4.428571429	1.107142857
Abril	30	4.285714286	1.071428571
Mayo	31	4.428571429	1.107142857
Junio	30	4.285714286	1.071428571
Julio	31	4.428571429	1.107142857
Agosto	31	4.428571429	1.107142857
Septiembre	30	4.285714286	1.071428571
Octubre	31	4.428571429	1.107142857
Noviembre	30	4.285714286	1.071428571
Diciembre	31	4.428571429	1.107142857
Fs =		1.10714286	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5

Consumo de combustibles en Azuay 2022

CONSUMO DE COMBUSTIBLES PROVINCIA DEL AZUAY 2022					
MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FACTOR
Enero	5 041 034	426 907	3 821 603	9 289 543	1.059592
Febrero	4 880 836	433 298	3 541 383	8 855 516	1.111524
Marzo	5 355 979	453 869	3 841 103	9 650 951	1.019912
Abril	5 032 952	413 959	3 736 007	9 182 917	1.071895
Mayo	5 078 272	399 376	4 163 812	9 641 460	1.020916
Junio	5 196 709	387 913	4 223 877	9 808 499	1.003530
Julio	5 547 513	419 991	4 503 173	10 470 677	0.940066
Agosto	5 452 805	428 022	4 448 420	10 329 247	0.952937
Septiembre	5 349 559	389 638	4 417 146	10 156 342	0.969160
Octubre	5 258 978	392 703	4 126 129	9 777 810	1.006680
Noviembre	5 417 543	396 626	4 330 418	10 144 587	0.970283
Diciembre	5 907 968	444 561	4 457 393	10 809 921	0.910564
	63 520 145	4 986 862	49 610 461	118 117 467	
			COSTO PROMEDIO MENSUAL	9 843 122	

Fuente: Elaboración propia

Fm = 1.09454426

CALCULO DEL FACTOR DEL TPDA

TPDA 2022 = To * Fh * Fd * Fs * Fm (2)

TPDA 2022 = 1.2456350

Resumen de tráfico observado HORA PICO

10H30 11H30

Tabla 6*Tráfico en la Intersección de la estación*

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	374	0	0	0	374
B	48	0	0	0	48
2E	8	0	0	0	8
3E	0	0	0	0	0
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	430	0	0	0	430

*Fuente: Elaboración propia***CORRECCION DE TRAFICO OBSERVADO EN LA INTERSECCION****Tabla 7***Corrección de la Intersección de la estación*

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	466	0	0	0	466
B	60	0	0	0	60
2E	10	0	0	0	10
3E	0	0	0	0	0
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	536	0	0	0	536

Fuente: Elaboración propia

5.6. Tráfico Futuro

El pronóstico del volumen y la composición del tráfico se basa en el tráfico actual así los planes se basan en un pronóstico de tráfico de 15 o 20 años y el crecimiento del tráfico normal, el tráfico generado y el crecimiento del tráfico de desarrollo. Los pronósticos de tráfico se utilizan en la clasificación de carreteras e influyen en la determinación de la velocidad de diseño de diseño y otros datos geométricos. El pronóstico del tráfico también se utiliza para indicar cuándo se deben mejorar las superficies de las carreteras o aumentar la capacidad; para ello se compara el caudal máximo de la vía con el caudal correspondiente a la hora, la mayor cantidad de horas anuales, que es la cantidad de horas superadas en un año determinado con solo 29 horas. (*Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*, 2003)

5.6.1. Crecimiento normal del tráfico actual

Tenemos el tráfico actual consiste en el número de vehículos que transitan por la vía antes de ser mejorada e incluso también suponiendo el tránsito en el futuro.

5.6.1.1. Tráfico existente

Se usa en la vía y es obtenido de los estudios para conocer los volúmenes del tráfico.

5.6.1.2. Tráfico desviado

Este es para el caso de carreteras futuras en donde se atrae el posible tráfico que va a existir en determinada zona proveniente de otras vías ya existentes que estén próximas a la idea de la nueva carretera y su área de influencia en donde está constituido el tráfico actual, en donde se puede observar las tasas de crecimiento de tráfico que son de referencia,

Figura 5. Tasas de crecimiento de tráfico

TASAS DE CRECIMIENTO DE TRAFICO		
TIPOS DE VEHICULOS	PERIODO	
	1990 - 2000	2000 - 2010
Livianos	5	4
Buses	4	3,5
Camiones	6	5

Fuente: tasas de crecimiento del DisGeo 2003

5.6.2. Cálculos del tráfico para obtener nuestro ESALS

Se tendrán en consideración algunos aspectos importantes para escoger el mejor planteamiento de diseño para las condiciones de Turi mediante las siguientes tablas de recopilación de datos.

Tabla 8

Porcentajes de Vehículos

	Año 2022	Total	
	TPDA Total	536	
	Autos	466	87.0%
	Buses	60	11.2%
	Camiones	10	1.9%
37%	2DA	4	0.7%
63%	2DB	6	1.2%
	3 - A	0	0.0%
0%	4 - C	0	0.0%
100%	2S2	0	0.0%
67%	2R3	0	0.0%
33%	3S2	0	0.0%
8%	3R3	0	0.0%
92%	3S3	0	0.0%

Fuente: elaboración propia

Tabla 9*Factor FEC*

Vehículo	Factor FEC	Porcentaje	
AUTOS	0.00	87.0%	
BUSES	1.59	11.2%	
CAMIONES			Distribución Camiones
2DA	0.57		58.1%
2DB	4.50		100.0%
3 - A	4.43		0.0%
4 - C	2.45		0.0%
2S2	7.66		0.0%
2R3	10.90		0.0%
3S2	7.59		0.0%
3R3	10.82		0.0%
3S3	5.61		0.0%

*Fuente: DisGeo 2003***Tabla 10***Factor de Carril*

FACTOR DE CARRIL		
Numero Carriles	Factor de carril	Rango
2	0.80	0,8 - 1,00
3	0.70	0,60 - 0,80
4	0.60	0,50 - 0,75

Fuente: DisGeo 2003

Tabla 11*% de Crecimiento*

	AÑO	% Crecimiento			
		AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO
	2022	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%
1	2023	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%
2	2024	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%
3	2025	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%
4	2026	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%
5	2027	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%
6	2028	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%
7	2029	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%
8	2030	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%
9	2031	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%
10	2032	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%
11	2033	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%
12	2034	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%
13	2035	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%
14	2036	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%
15	2037	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%
16	2038	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%
17	2039	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%
18	2040	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%
19	2041	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%
20	2042	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%

Fuente: elaboración propia

Tabla 12*Factor Semanal de TPDA*

TRANSITO PROMEDIO DIARIO				
TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO
		1.586073997		
536	466	60	4	6
552	482	60	4	6
568	498	60	4	7
585	515	60	4	7
603	532	60	4	7
619	548	60	4	7
636	565	60	4	7
653	582	60	4	7
671	600	60	4	8
690	618	60	4	8
708	635	60	5	8
726	653	60	5	8
745	672	60	5	8
764	691	60	5	8
784	710	60	5	9
801	727	60	5	9
818	744	60	5	9
836	762	60	5	9
855	780	60	5	9
874	799	60	6	10
893	818	60	6	10

Fuente: elaboración propia

Tabla 13*Camiones y sus Ejes*

CAMIONES								
2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3	3S3
0.57374	4.5036537	4.425860576	2.45	7.66	7.66	7.664148	4.426	5.61
4	6	0	0	0	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	0	0	0
4	7	0	0	0	0	0	0	0
4	7	0	0	0	0	0	0	0
4	7	0	0	0	0	0	0	0
4	7	0	0	0	0	0	0	0
4	7	0	0	0	0	0	0	0
5	7	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0	0	0
5	8	0	0	0	0	0	0	0
5	9	0	0	0	0	0	0	0
5	9	0	0	0	0	0	0	0
6	9	0	0	0	0	0	0	0
6	9	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia

Tabla 14*W18 Acumulado y Carril de Diseño*

W₁₈	W₁₈
Acumulado	Carril Diseño
45 744	18 298
91 004	36 402
136 283	54 513
181 579	72 632
226 894	90 758
273 871	109 549
320 868	128 347
367 885	147 154
414 922	165 969
461 979	184 792
509 058	203 623
557 802	223 121
606 568	242 627
655 356	262 143
704 168	281 667
753 001	301 200
801 855	320 742
852 374	340 950
902 916	361 166
953 480	381 392
1 004 068	401 627

*Fuente: elaboración propia***CAPÍTULO 4****5.7. Diseño Geométrico de Carreteras**

Se tendrán en consideración algunos aspectos importantes para escoger el mejor planteamiento de diseño para las condiciones de Turi.

5.7.1. Clasificación de Carreteras de Acuerdo al Tráfico

Según la (MTO, 2003) para el diseño de carreteras en nuestro país, se tiene establecido como recomendación que la clasificación de nuestras vías está en función del

pronóstico de tráfico dentro del periodo de 15 o 20 años como en la siguiente figura 6.

Figura 6. *Clasificación de carreteras en función del tráfico proyectado*

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

5.7.2. Clases de Carretera

En nuestro país, según (MTOPI & NEVI-12, 2013) se clasifican las carreteras de acuerdo a la relevancia según el volumen de tráfico que exista y el número de carriles. Donde podemos tener la siguiente figura 7.

Figura 7. *Clasificación según la relación entre el tráfico y su clase de la MOP*

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

Fuente: MTOPI 2003

5.7.3. Corredores Arteriales

Estos corredores pueden ser autovías con autovías separadas (autopistas) y autovías únicas (clase I y II). En el grupo de carretera, tienen control de acceso completo y pueden prohibirse ciertas categorías de usuarios y vehículos. En el segundo grupo de carreteras (clase I y II), que constituyen la mayoría de las carreteras, se mantiene una única acera normalizada con dos carriles para vehículos en ambos sentidos y arcenes adecuados a ambos lados. También incluye, pero no menos importante, áreas adicionales donde se ubican vías auxiliares, áreas de giro, paradas de autobús y sus accesos a través de vías de servicio y entradas y salidas debidamente diseñadas.(MTOPI, 2003)

5.7.4. Vías Colectoras

Estas vías colectoras son las carreteras de clase I, II, III y IV de acuerdo a su importancia que están destinadas a recibir el tráfico de los caminos vecinales. Sirven a poblaciones principales que no están en el sistema arterial nacional.

5.7.5. Caminos Vecinales

Estas vías denominados caminos vecinales son las carreteras de clase IV y V que incluyen a todos los caminos rurales. Ahora en la siguiente figura 8 se presentará las dimensiones de los camiones y buses.

Figura 8. Resumen de los Pesos y Dimensiones de Buses y Camiones según la MOP

DIMENSIONES DE CAMIONES Y BUSES	PROYECTO DE REFORMA SEGÚN MOP	VIGENTES MOP
Ancho camión	2.60 m	2.60 m
Ancho bus	2.60 m	2.60 m
Alto camión	4.10 m	4.10 m *
Alto bus	4.10 m	4,10 m
Largo Camión rígido (1,2 o 3 ejes en el semiremolque)	11,50 m (con 2 ejes) 12,20 m (con 3 ejes)	12.00 m
Largo tracto camión +semiremolque(1,2,3 ejes) en el semiremolque)	17,50m (2S1; 2S2,2S3,3S1) 18,3 m (3S2,3S3)	18,00(3S2 y 3S3)
Largo semiremolque	9,0 m (1 eje) 12,3 m (2 ejes) 13,0 m (3 ejes)	9.0 (1 EJE) 12.3 (2 EJES) * 13.0 (3 EJES)
Largo remolque	10,00 m	10.00 m.
Largo camión + remolque	18,30 m	18:30 m.
Largo tracto camión + semiremolque + remolque	18,30 m	18.3 m.
Largo bus larga distancia	Convencional 13,3m Semi Integral 15,0 m hasta con 3 ejes Integral 15,0m hasta 4 ejes direccionales	
Largo bus articulado	18,3m	-
Largo bus urbano/suburbano	-	-
Ancho vehículos especiales	-	-
Alto Vehículos especiales	-	-
Largo de vehículos especiales (1)	21	21 *
Separación para ejes compuestos	-	m In 1.2m max. 1.6m
PESOS CAMIONES		
Eje trasero simple rodado simple (2r)	6,00t	6,00t
Eje trasero simple rodado doble (1r)	11,00t	12,00t
Eje trasero doble rodado simple (4r)	12,00t	12,00t
Eje trasero doble rodado simple y doble (6r)	15,50t	
Eje trasero doble rodado doble (8r)	19,00t	20,00t
Eje trasero triple rodado simple (6r)	18,00t	-
Eje trasero triple 1 rodado simple y 2 dobles (10r)	24,00t	-
Eje trasero triple 3 rodados dobles (12r)	24,00t	24,00t
Peso Bruto Total admitido	48,00	46,00t *
Tolerancias de pesos	500 Kg. para eje delantero y 1000 Kg para cualquiera de los ejes posteriores No existe tolerancia para el P.B.V.	-
Relación potencia de pesos	6,5 IIP/t	8IIP/t y 6,5IIP/t
* En estudio el cambio de valores		

Fuente: MTOP 2003

5.8. Velocidad de Diseño

En este punto acerca de la velocidad de Diseño se refiere a la velocidad máxima a la que los vehículos pueden viajar con seguridad en la carretera en condiciones climáticas y de tráfico favorables. Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, la importancia de la vía, los volúmenes de tráfico y el uso del suelo, tratando de que este valor sea lo más cercano posible a la seguridad, la eficiencia, el movimiento y la movilidad. A esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineación horizontal y vertical. La selección adecuada de la velocidad de diseño es importante. Recuerde que es conveniente mantener una velocidad constante a la hora de diseñar cada tramo de carretera. Los cambios en la topografía pueden requerir un cambio en la velocidad de diseño en ciertas secciones. Si esto sucede, la velocidad de diseño más alta o más baja no debe imponerse repentinamente, sino en una distancia lo suficientemente larga como para que el conductor pueda cambiar gradualmente la velocidad antes de llegar a una sección de la carretera con una velocidad de diseño diferente. La diferencia de velocidad entre dos tramos adyacentes no debe ser superior a 20 km/h. Debe haber una adecuada señalización gradual en el sitio para indicar un aumento o disminución de la velocidad. La velocidad de diseño debe elegirse para el tramo de carretera más desfavorable y su longitud mínima debe ser de 5 - 10 kilómetros. Una vez que se selecciona la velocidad, todas las características del camino deben ajustarse en consecuencia para obtener un diseño equilibrado. Si es posible, se recomienda utilizar valores calculados superiores a los valores mínimos establecidos. Un camino en terreno llano u ondulado proporciona una velocidad de diseño más alta que un camino en terreno montañoso. Un camino a través de un área escasamente poblada asegura una velocidad de

diseño más alta que un camino en un área poblada. Una carretera con mucho tráfico justifica una mayor velocidad de diseño que un área de poco tráfico con una topografía similar, especialmente si la economía del uso de vehículos es alta en comparación con los costos.(MTOPI & NEVI-12, 2013)

Se va a visualizar en la siguiente tabla las velocidades de diseño en kilómetros por hora y su velocidad de operación.

Tabla 15

Velocidad de Operación Promedio

Velocidad de Diseño Km/h	Velocidad de Operación Promedio Km/h		
	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: MTOPI 2003

La mayoría de las carreteras están diseñadas para satisfacer las necesidades de tráfico incluso a los 20 años después de que se complete el proyecto. Con una planificación adecuada, partes de la sección transversal de la carretera se pueden cambiar en el futuro sin mucha dificultad, mientras que cambiar la dirección horizontal y vertical requiere un gran gasto y precaución. En resumen, se puede afirmar que se pueden destacar tres aspectos básicos y decisivos a la hora de elegir la velocidad de diseño, que son los siguientes:

- La naturaleza del terreno: se entiende que la velocidad de una carretera en una zona

llana o ligeramente ondulada es mayor que en una correspondiente zona muy ondulada o montañosa o una carretera que transcurre por una zona rural en comparación con la que transcurre por un área urbana.

- Modalidad del conductor: el conductor no ajusta la velocidad de su vehículo a la importancia de la vía en el proyecto, sino a las limitaciones derivadas de las características del lugar o del tráfico y de sus necesidades o urgencia. Conduzca a baja velocidad si hay razones obvias para hacerlo. Como resultado de lo anterior, existe la tendencia a conducir a una velocidad seleccionada instintivamente que puede ser alta para la carretera. Este punto debe ser estudiado en detalle, porque se debe preferir para la proyección el valor que satisfaga los deseos de la mayoría de los usuarios.

- Factor económico. Las consideraciones económicas deberían estar dirigidas a examinar los costos de operar vehículos a altas velocidades y los altos costos de las obras diseñadas para atender el tráfico de alta velocidad.(Arévalo Zhagui, 2018)

5.8.1. Clasificación según condiciones orográficas

Se van especificar mediante la siguiente tabla en donde se va a clasificar en función de la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente.

Tabla 16

Máxima inclinación Media

Tipo de Relieve	Máxima Inclinación Media
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$

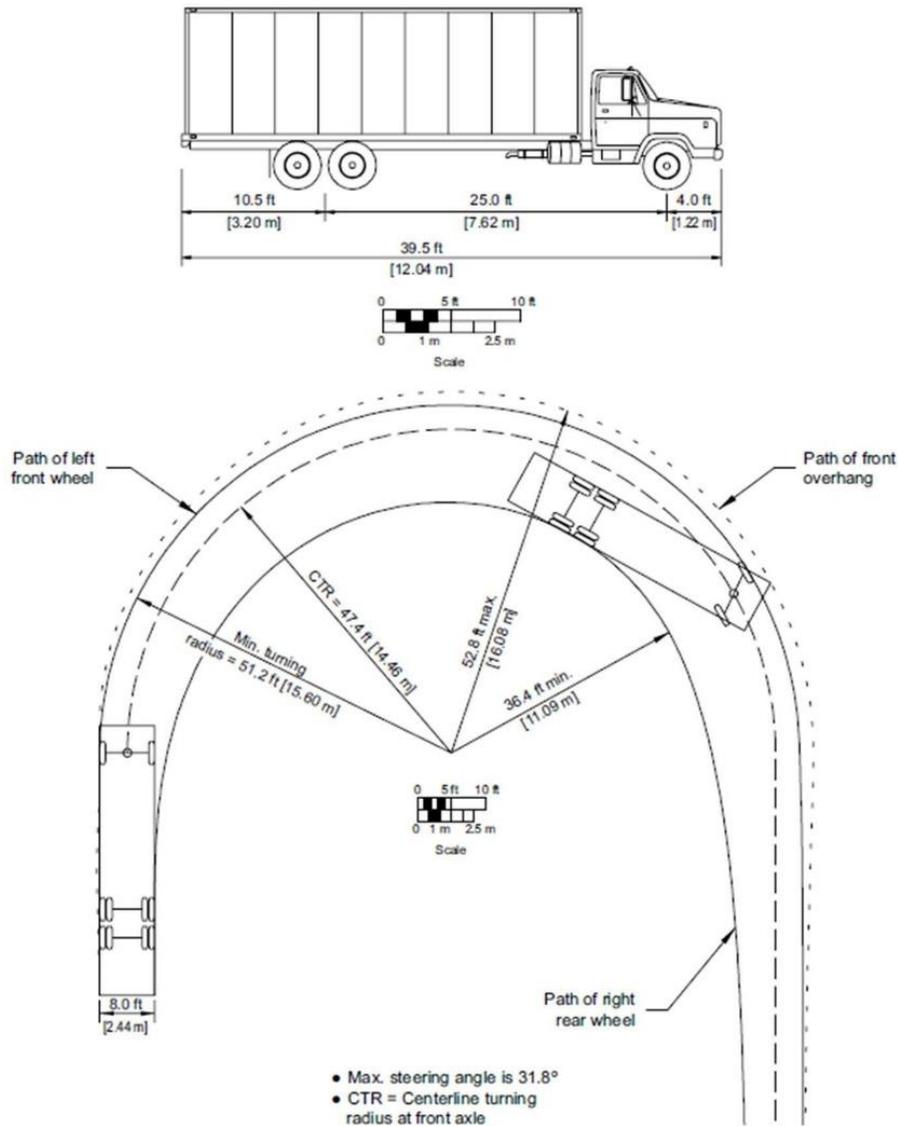
Fuente: elaboración propia

5.9. Vehículo Tipo

El vehículo tipo es aquel vehículo representativo del tránsito de la ruta, el cual debe tener un radio mínimo de giro y dimensiones superiores a la mayoría de los de su clase; éste nos permite determinar parámetros específicos en el diseño geométrico de la vía, como por ejemplo el valor del sobreancho que debe ser considerado en las curvas horizontales. Los camiones, por ser generalmente más pesados que los buses y automóviles, circulan a velocidades más lentas y ocupan más espacio, por lo cual se considera que el efecto de operación de un camión es equivalente al de varios vehículos livianos. El Ministerio de Transporte y Obras Públicas considera varios tipos de vehículos de diseño, más o menos equivalentes a los expuestos en la metodología AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO, 1993).

Para este estudio se considerará como vehículo tipo un camión de dos ejes: un eje frontal simple y uno posterior tándem, muy similar a un camión tipo 3A de los recomendados por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, 2013), por ser el de mayores dimensiones de su tipo. Las dimensiones de este camión se muestran en la siguiente figura 9.

Figura 9. Tipo de Camión según MOP



Fuente: MTOP 2003

5.10. Alineamiento Horizontal

La alineación horizontal es la proyección de la línea central de la carretera en un plano horizontal. Los elementos de esta proyección son tangentes y curvas, o circulares o transversales. La proyección del eje en una sección recta define una tangente, y una curva se usa para crear la conexión de dos tangentes consecutivas en diferentes direcciones. La determinación de la dirección horizontal depende de: La topografía y propiedades

hidrológicas del suelo, las condiciones de drenaje, las características técnicas de la base y el potencial de los materiales locales.(Cárdenas, 2015)

5.10.1. Tangentes de Alineamiento

La alineación horizontal es la proyección de la línea central de la carretera en un plano horizontal. Los elementos de esta proyección son tangentes y curvas, o circulares o transversales. La proyección del eje en una sección recta define una tangente, y una curva se usa para crear la conexión de dos tangentes consecutivas en diferentes direcciones. La determinación de la dirección horizontal depende de la topografía y propiedades hidrológicas del suelo, las condiciones de drenaje, las características técnicas de la base y además el potencial de los materiales locales.(García et al., 2013)

5.10.2. Curvas Circulares

Como se conoce las curvas circulares se refieren a los arcos que forman la proyección horizontal de las curvas que son empleadas para unir las dos tangentes que estén de manera consecutiva en donde se tendrá un grado de curvatura y a la vez un radio de curvatura.

5.10.2.1. Grado de Curvatura

Se refiere al ángulo que está formado por un arco aproximado de unos 20 metros en donde su valor máximo es el que da la facilidad de recorrer con más seguridad la curva que se forme y en función del peralte máximo especificado en la velocidad de diseño.

5.10.2.2. Radio de Curvatura

Este es el radio que tiene una curva que es circular que están especificados dentro de las recomendaciones que dependen de la velocidad de diseño.

5.10.3. Radio Mínimo de Curvatura Horizontal

El radio de curva horizontal mínimo es el valor más pequeño que hace que el tráfico sea seguro a una velocidad de diseño determinada, en función de la pendiente máxima permitida (e) y el factor de fricción lateral correspondiente (f). El uso de curvas con un radio menor que el mínimo especificado requiere alturas que exceden los límites prácticos de uso del vehículo. Por lo tanto, la curvatura es un valor importante en el diseño de alineación. (MTO & NEVI-12, 2013). El radio más pequeño (R) en condiciones seguras se puede calcular usando la siguiente ecuación.

$$R = \frac{V^2}{127 * (e + f)} \quad (3)$$

Donde:

R = Radio mínimo de una curva horizontal, m.

V = Velocidad de diseño, Km/h.

f = Coeficiente de fricción lateral.

e = Peralte de la curva en m/m

5.10.4. Elementos Principales de la Curva Circular Simple

5.10.4.1. Ángulo central

Este ángulo se encuentra formado por una curva circular y esta simbolizado mediante “ α ” en donde en curvas circulares simples es igual a la deflexión de las tangentes que se encuentran próximas dentro del alineamiento.

5.10.4.2. Longitud de Curva

Esta longitud es la que se encuentra en arco entre los puntos PT y PC, donde su representación simbólica es lc y su ecuación de cálculo es la siguiente.

$$lc = \frac{\pi * R\alpha}{180} \quad (4)$$

Donde:

lc : Longitud de curva

π : pi

$R\alpha$: Radio de la curva por ángulo central de la curva

5.10.4.3. Tangente de Curva o Subtangente

Considerada como la distancia entre los puntos o estaciones PC y PI o a su vez entre PT y PI de la curva en mención de las tangentes de alineamiento. Está representado mediante T y su ecuación de cálculo es la siguiente:

$$T = R * \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (5)$$

Donde:

T : Tangente de curva

R : Radio de curva

α : Ángulo central de la curva

5.10.5. External

Conocido como la distancia mínima que se requiere entre la estación PI y la curva y está representada por E y su ecuación para los cálculos es:

$$E = R \left(\sec * \frac{\alpha}{2} - 1 \right) \quad (6)$$

Donde:

E: External

R: Radio de curva

α : Ángulo central de la curva

5.10.6. Cuerda

Recta que está comprendida entre 2 puntos de la curva y su representación está dada por C y su ecuación de cálculo es la siguiente:

$$C = 2 * R * \text{sen} \frac{\theta}{2} \quad (7)$$

Donde:

C: Cuerda

R: Radio de curva

θ : Angulo de deflexión a un punto sobre la curva circular

5.10.7. Espirales o Clotoides

Las curvas de transición correctamente diseñadas brindan un camino fácil de seguir para el conductor, con la fuerza centrífuga aumentando y disminuyendo gradualmente a medida que el vehículo entra y sale de la rotonda. La fuerza centrífuga se mueve gradualmente desde cero al comienzo de la curva en espiral hasta un valor máximo al final. Como resultado de lo anterior, es fácil para el conductor permanecer en su carril sin reducir su velocidad. La longitud de la curva de transición permite desarrollar suficientemente una pendiente que corresponde aproximadamente a la relación entre la velocidad y el radio del vehículo que gira. Si no se agrega una curva de transición, la pendiente debe comenzar desde una sección recta, lo que hace que el vehículo tienda a deslizarse hacia el interior de la curva, lo que requiere un movimiento forzado para mantenerlo en su carril mientras el vehículo todavía está en el carril correcto. Si la sección transversal necesita expandirse a lo largo de una curva circular, la curva de compensación también facilita la compensación de ancho. (MTO, 2003)

5.10.8. Curvas de Transición

Se trata de un arco donde la curva es espiral desde el α en tangente que será infinito, hasta el radio del arco circular que sigue el alineamiento, de esta manera se puede tener dentro del trazado un equilibrio importante donde se considera que la longitud del arco circular este próximo a el de la longitud de la curva espiral. (Beltrán & Guerra, 2023)

5.10.9. Clotoide o Espiral de Punta

Está formada por dos rectas de distintas direcciones, que están compuestas de arcos en espiral donde tienen un mismo radio de curva y tangente en el punto de comunicación de

las rectas. Por ende, al aplicar mediante fórmulas obtenemos la siguiente ecuación.

$$R = \frac{180 * L_e}{\pi * \alpha} \quad (8)$$

Donde:

R: Radio de curva

L_e : Longitud de la espiral

α : Valor de la deflexión

π : pi

Mediante esta fórmula podemos determinar la Longitud de la espiral que será la siguiente.

$$L_e = \frac{\pi * R * \alpha}{180} \quad (9)$$

Donde:

L_e : Longitud de la espiral

R: Radio de curva

α : Valor de la deflexión

π : pi

5.10.10. Elementos Característicos Principales

5.10.10.1. Longitud de la espiral

Es aquella que su longitud es medida sobre la curva entre las estaciones TE y EC o a su vez entre TE y CE teniendo como ecuación para encontrar su longitud mínima de la siguiente manera.

$$L_e = 0.072 * \frac{V^3}{R * C} \quad (10)$$

Donde:

L_e : Longitud mínima de espiral

V: Velocidad de diseño

R: Radio de curva circular

C: Coeficiente de comodidad y seguridad su rango va entre 1 y 3

Considerando una ecuación un tanto más practica seria la siguiente.

$$L_e = \frac{a * e}{P} = a * e * m \quad (11)$$

Donde:

L_e : Longitud mínima de espiral

a: Semiancho de la calzada en tangente para caminos de dos carriles.

e: Peralte de la curva circular, en valor absoluto.

P: Pendiente longitudinal de la orilla de la calzada con respecto al eje del camino, en valor absoluto.

m: Talud de la orilla de la calzada respecto al eje del camino.

En cuanto al talud que se tendrá en la orilla del eje de la vía se tiene la siguiente ecuación.

$$m = 1.5627 * V + 75 \quad (12)$$

Donde:

m: Talud de la orilla de la calzada respecto al eje del camino

V: Velocidad de diseño

5.10.10.2. Deflexión de la Espiral

Se toma en consideración a el ángulo que esta entre dos tangentes a la espiral a sus extremos, siendo su ecuación la siguiente:

$$\theta_e = \frac{L_e}{2R} \quad (13)$$

Donde:

θ_e : Deflexión de la espiral

L_e : Longitud de la espiral

R: Radio de curva

5.10.10.3. Longitud Total de la Curva

Se trata de la suma de longitudes que tienen las dos espirales tanto de transición como la de longitud circular por lo cual tenemos la ecuación a continuación:

$$L_T = 2L_e + L_c \quad (14)$$

Donde:

L_T : Longitud total de curva

L_e : Longitud de la espiral

L_c : Longitud de curva

5.10.11. Calculo de los Elementos de la Curva Espiral

Se tiene una serie de fórmulas para determinar las ecuaciones necesarias para poder calcular los parámetros de la curva espiral para obtener ciertas semejanzas en donde la ley de la curvatura para las curvas clotoides es la siguiente:

$$A = \sqrt{L_e * R} \quad (15)$$

Donde:

A: Parámetro de la espiral

L_e : Longitud de la espiral

R: Radio de curva

Al ser semejantes nos da la idea de que se pueden aumentar sus factores y así mismo disminuirse en forma proporcional.

$$R_e = R * L_e/L \quad (16)$$

Donde:

R_e : Radio en cualquier punto de la espiral

R: Radio de la curva

L_e : Longitud de la espiral

L: Longitud de cualquier punto de la espiral

5.11. Peralte

Como el autor del libro (MTOPI, 2003) nos dice que cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga. Esta fuerza es contrarrestada por las fuerzas componentes del peso del vehículo, debido al peralte, y

por la fuerza de fricción desarrollada entre llantas y la calzada.

En cuanto a la fuerza centrífuga tenemos:

$$F = \frac{mV^2}{R} = \frac{PV^2}{gR} \quad (17)$$

Donde:

F: Fuerza centrífuga

P: Peso del vehículo

V: Velocidad de diseño

g: Aceleración de la gravedad

R: Radio de la curva circular

De esta manera podríamos predecir la inestabilidad debido a la fuerza centrífuga que se produce ya sea por el volcamiento o el deslizamiento. Para simplificar este proceso de formulaciones se llegó a una definición en cuanto a la estabilidad que se requiere.

$$R = \frac{V^2}{127(\tan\alpha + f)} \quad (18)$$

Donde:

R: Radio de curva

V: Velocidad de diseño

α : Ángulo de deflexión

f: Máximo coeficiente de fricción lateral

Y por consiguiente se puede conocer la fórmula para el cálculo del peralte sea la ecuación siguiente.

$$e = \frac{V^2}{127R} - f \quad (19)$$

Donde:

e: Peralte

V: Velocidad de diseño

R. Radio de curva

f: Máximo coeficiente de fricción lateral

De esto podemos tener la siguiente figura 10 que será de ayuda para escoger nuestro coeficiente de fricción lateral en función a nuestra velocidad de diseño.

Figura 10. *Coefficientes de fricción lateral en relación a la velocidad según MTOP 2003*

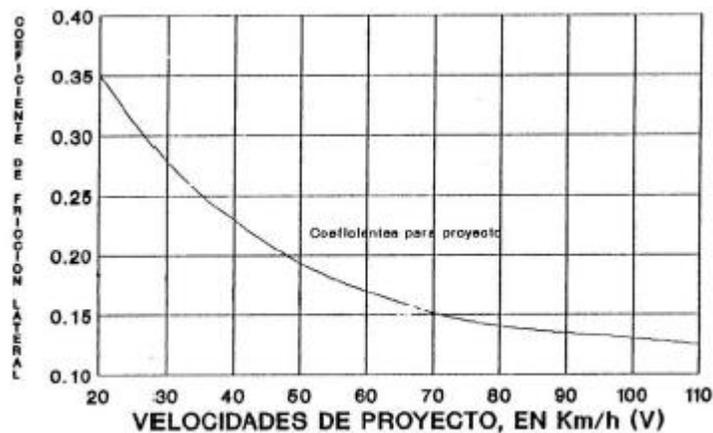


Fig. V.4 COEFICIENTES DE FRICCIÓN LATERAL PARA PROYECTO A DIFERENTES VELOCIDADES

Fuente: MTOP 2003

5.11.1. Magnitud del Peralte

El autor (*Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*, 2003) nos comenta que para el uso del peralte se debe proveer de comodidad y seguridad al vehículo que transita sobre el camino en curvas horizontales, sin embargo, el valor del peralte no debe sobrepasar valores máximos ya que al tener un peralte exagerado hay deslizamiento del vehículo hacia el interior de la curva cuando el mismo circula a una baja velocidad. Debido a estas limitaciones, se cree que no es posible compensar totalmente con el peralte la acción de la fuerza centrífuga en las curvas pronunciadas, siendo necesario recurrir a la fricción, para que, sumado al efecto del peralte, impida el deslizamiento lateral del vehículo, lo cual se lo contrarresta al aumentar el rozamiento lateral. En base a investigaciones realizadas, se ha adoptado el criterio de contrarrestar con el peralte aproximadamente el 55% de la fuerza centrífuga; el restante 45% lo absorbe la fricción lateral. Se recomienda para vías de dos carriles un peralte máximo del 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica, de concreto o empedrada para velocidades de diseño mayores a 50 Km/h; y del 8% para caminos con capa granular de rodadura (caminos vecinales tipo 4, 5 y 6) y velocidades hasta 50 Km/h todo esto según el autor donde se deja claro los efectos y la influencia de la magnitud del peralte. (Beltrán & Guerra, 2023)

En cuanto a el desarrollo que se deba tener en cuenta del peralte vamos a calcular el valor de sobrelevación.

$$h = e * b$$

(20)

Donde:

h: Sobrelevación

e: Peralte

b: Ancho de la calzada

Obteniendo este valor podemos obtener la longitud de desarrollo del peralte con la siguiente ecuación.

$$L = \frac{h}{2 * i} = \frac{e * b}{2 * i} \quad (21)$$

Donde:

L: Longitud de desarrollo del peralte

e: Peralte

b: Ancho de la calzada

i: Gradiente de borde

Ahora vamos a establecer la longitud de transición del bombeo, para esto vamos a tener la ecuación de la diferencia de nivel del eje.

$$S = \frac{b * P}{2} \quad (22)$$

Donde:

S: Diferencia de nivel del eje al borde de la vía

b: Ancho de la calzada

P: Pendiente transversal

A continuación, se establecerá la longitud necesaria para realizar el giro del plano del carril exterior así.

$$X = \frac{S}{i} = \frac{b * P}{2 * i} \quad (23)$$

Donde:

X: Longitud necesaria para giro

b: Ancho de la calzada

P: Pendiente transversal

i: Gradiente de borde

Finalmente vamos a tener la longitud de transición con la siguiente ecuación.

$$L_T = L + X \quad (24)$$

Donde:

L_T : Longitud de transición

L: Longitud de desarrollo del peralte

X: Longitud necesaria para giro

Ahora se expondrá la siguiente figura 11 donde se va a visualizar la gradiente longitudinal que es necesaria para el desarrollo del peralte.

Figura 11. Gradiente longitudinal que es necesaria para el desarrollo del peralte según MTOP 2013

V_0 , KM/h	VALOR DE (i), ‰	MAXIMA PENDIENTE EQUIVALENTE.
20	0,800	1:125
25	0,775	1:129
30	0,750	1:133
35	0,725	1:138
40	0,700	1:143
50	0,650	1:154
60	0,600	1:167
70	0,550	1:182
80	0,500	1:200
90	0,470	1:213
100	0,430	1:233
110	0,400	1:250
120	0,370	1:270

Fuente: MTOP 2003

5.11.2. Longitud de Transición

Esta longitud sirve para en la transición de las pendientes transversales entre las secciones donde una está normal y la otra peraltada en donde se va a efectuar y vamos a determinar los criterios para la ecuación de la longitud mínima en donde debe ser mayor a la longitud transitada a una velocidad de diseño determinada en 2 segundos ya que es el tiempo promedio donde una persona reacciona en distintas condiciones según (MTOP, 2013).

$$L_{min} = 0.56 * V \quad (25)$$

Donde:

L_{min} : Longitud mínima

V: Velocidad de diseño

5.11.3. Longitud Tangencial

En este aspecto se reconoce que es la longitud necesaria para empezar el inclinamiento transversal de la calzada en la tangente a partir del punto anterior al inicio de la transición por lo que el aplanamiento se obtiene con la siguiente ecuación.

$$X = \frac{e' * L}{e} \quad (26)$$

Donde:

X: Longitud tangencial

e': Pendiente longitudinal de bombeo

e: Peralte de la curva circular

L: Longitud de transición del peralte

Ahora en las siguientes figuras 12 y 13 respectivamente podremos observar como determinar en tablas de la MOP, 2003 y la NEVI 12 la longitud máxima de transición en función del peralte máximo y la longitud mínima de transición en función de la velocidad de diseño.

Figura 12. Longitud máxima de transición en función del peralte máximo según la NEVI 12

Velocidad de diseño km/h	Pendiente de Borde %	Ancho de calzada (7,30 m (2 x 3,65 m))				Valor de la Longitud Tangencial			
		e				e			
		0,10	0,08	0,06	0,04	0,10	0,08	0,06	0,04
Bombeo = 2 %									
20	0,800								
25	0,775								
30	0,750								
35	0,725								
40	0,700		42	31	21		10	10	10
45	0,675		43	32	22		11	11	11
50	0,650		45	34	22		11	11	11
60	0,600	61	48	37	24	12	12	12	12
70	0,550	66	53	40	27	13	13	13	13
80	0,500	73	59	44	29	15	15	15	15
90	0,470	78	62	47	31	16	16	16	16
100	0,430	85	68	51	34	17	17	17	17
110	0,400	91	73	55	37	18	18	18	18
120	0,370	99	79	59	39	20	20	20	20

Fuente: MTOP 2003

Figura 13. Longitud mínima de transición en función de la velocidad de diseño según la NEVI 12

Velocidad de diseño km/h	Pendiente de Borde %	Transición mínima absoluta m	Longitud Tangencial Valor mínimo absoluto			
			e			
			0,10	0,08	0,06	0,04
Bombeo = 2 %						
20	0,800	11		3	4	6
25	0,775	14		4	5	7
30	0,750	17		4	6	8
35	0,725	20		5	7	10
40	0,700	22		6	7	11
45	0,675	25		6	8	13
50	0,650	28		7	9	14
60	0,600	34	7	8	11	17
70	0,550	39	8	10	13	20
80	0,500	45	9	11	15	22
90	0,470	50	10	13	17	25
100	0,430	58	11	14	19	28
110	0,400	62	12	15	21	31
120	0,370	67	13	17	22	34

Fuente: MTOP 2003

5.12. Cuadros de diseños para distancia de vehículos de 6.10 m

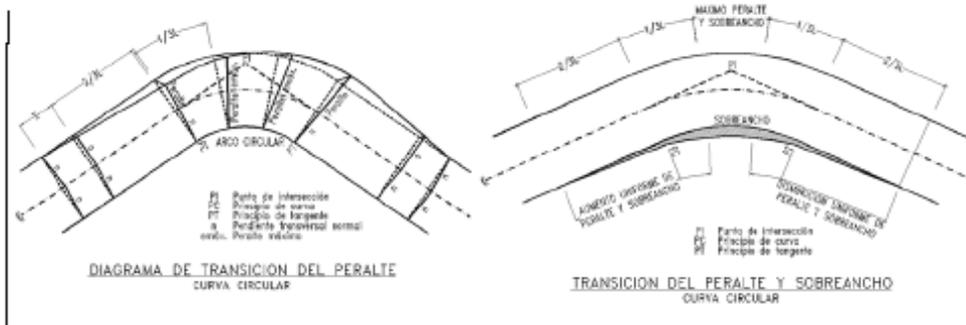
Dentro de estos cuadros determinados según (Cárdenas, 2015) donde están los peraltes, sobreanchos, longitudes de transición y tangenciales calculados con las anteriores fórmulas que se expusieron en este capítulo tenemos la siguiente figura 14.

Figura 14. Cuadro de peraltes, sobreanchos y longitudes X, L para el desarrollo de una carretera de 2 carriles y un ancho de vía de 7.35m según la MTOP, 2013

Velocidad de diseño (Kph)		60	Gradiente Longitudinal		0,60
Ancho de vía (m)		6,70	Pendiente de la vía (%)		2,00
			Peralte máximo (%)		10,00
Radio (m)	Peralte (%)	Sobreancho (m)	Longitud X (m)	Longitud de transición L (m)	
				Mínima	Máxima
115	10,0	0,98	11	56	72
130	9,7	0,90	11	54	69
150	9,2	0,82	11	51	64
160	9,1	0,78	11	51	63
200	8,2	0,67	11	46	55
210	8,0	0,65	11	45	53
250	7,2	0,58	11	40	47
300	6,2	0,51	11	35	40
350	5,4	0,47	11	30	34
400	4,8	0,43	11	27	30
480	4,3	0,39	11	24	27
500	4,0		11	22	22
600	3,4		11	19	19
700	3,0		11	17	17
750	2,8		11	16	16
800	2,8		11	15	15
900	2,3		11	13	13
1000	2,1		11	12	12
1100	C.P		11	11	11
1200	S.N				

S.N = Sección Normal

C.P = Curva con Peralte



Fuente: MTOP 2003

5.13. Distancias de Visibilidad

La visibilidad es fundamental para la seguridad y la eficiencia de la operación del vehículo en las carreteras, por lo que el tiempo que un conductor puede ver continuamente el camino por delante se denomina distancia de visibilidad.

La distancia visual se analiza en dos aspectos:

- La distancia requerida para que el vehículo se detenga, ya sea debido a restricciones horizontales o verticales.
- La distancia requerida para adelantar.

5.13.1. Distancia de Visibilidad para la parada de un vehículo

Cuando un vehículo circula por una curva, ya sea horizontal o vertical, el factor de visibilidad juega un papel determinante en su ciclo normal, por lo que la distancia de visibilidad de frenado es la distancia mínima que el conductor debe recorrer a la velocidad de diseño o cerca de ella para ver un objeto en su trayectoria y poder detenerse antes de llegar a ese objeto. Por tanto, es la distancia mínima de visibilidad que debe proporcionar cualquier punto de la vía (MTOPI, 2003).

La distancia mínima visible (d) para que un vehículo se detenga es igual a la suma de dos distancias; una, la distancia recorrida por el vehículo (d_1) desde que el conductor descubre un objeto en la calzada hasta la distancia de frenado del vehículo (d_2), que es la distancia necesaria para que el vehículo se detenga por completo después de frenar. Para determinar la distancia visual de frenado, el tiempo de percepción más el tiempo de reacción deben ser mayores que el promedio de todos los conductores en condiciones

normales.(MTOPI, 2003)

Según múltiples pruebas realizadas por AASHTO, 93 el tiempo de percepción varía ampliamente según el conductor y equivale a 1,5 segundos en condiciones normales de carretera. Por razones de seguridad, se debe emplear un tiempo de reacción suficiente para la mayoría de los conductores, equivalente a un segundo. Por tanto, para el cálculo de la distancia mínima de visibilidad en condiciones de seguridad (según AASHTO, para el 90% de los conductores), se considera suficiente la percepción total más el tiempo de reacción igual a 2,5 segundos esta distancia recorrida la podemos observar en la siguiente ecuación.

$$d_1 = \frac{V_c t}{3.6} = 0.6944 * V_c \quad (27)$$

Donde:

d_1 : Distancia recorrida durante el tiempo de percepción más reacción

V_c : Velocidad de circulación

t: Tiempo de percepción más reacción

En la siguiente figura 15 se podrá observar los valores de diseño que se pueden usar en el diseño de las distancias de visibilidad mínima para parada de los vehículos.

Figura 15. Valores de diseño que se pueden usar en el diseño de las distancias de visibilidad mínima para parada según Manual DisGeo

Criterio de Diseño: pavimentos Mojados					<u>Valor</u> <u>Recomendable</u> <u>Absoluto</u>			<u>Valor</u>		
<u>Clase de Carretera</u>					<u>L</u>	<u>O</u>	<u>M</u>	<u>L</u>	<u>O</u>	<u>M</u>
R-I	o R-II	>	8.000	TPDA	220	180	135	180	135	110
1	3.000	a	8.000		180	160	110	160	110	70
II	1.000	a	3.000		160	135	90	135	110	55
III	300	a	1.000		135	110	70	110	70	40
IV	100	a	300		110	70	55	70	35	25
V	Menos	de	100		70	55	40	55	35	25

Fuente: MTOP 2003

De la misma manera la siguiente figura 16 reflejara ya no solamente la distancia mínima de parada por el criterio de pavimento mojado sino ahora también con una gradiente horizontal.

Figura 16. Distancia de visibilidad mínima para parada de un vehículo con dos criterios según Manual DisGeo

Velocidad de Diseño-Vd (Kph)	Velocidad de Circulación Asumida-Vc (Kph)	Percepción + Reacción para Frenaje		Coeficiente de Fricción Longitudinal "f"	Distancia de Frenaje "d2" Gradiente Cero (m)	Distancia de Visibilidad para parada (d=d1+d2)	
		Tiempo (seg)	Distancia Recorrida "d" (m)			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	20	2,5	13,89	0,47	3,38	17,25	20
25	24	2,5	16,67	0,44	5,12	21,78	25
30	28	2,5	19,44	0,42	7,29	26,74	30
35	33	2,5	22,92	0,40	10,64	33,56	35
40	37	2,5	25,69	0,39	13,85	39,54	40
45	42	2,5	29,17	0,37	18,53	47,70	50
50	46	2,5	31,94	0,36	22,85	54,79	55
60	55	2,5	38,19	0,35	34,46	72,65	70
70	63	2,5	43,75	0,33	47,09	90,84	90
80	71	2,5	49,31	0,32	62,00	111,30	110
90	79	2,5	54,86	0,31	79,25	134,11	135
100	86	2,5	59,72	0,30	96,34	158,06	160
110	92	2,5	63,89	0,30	112,51	178,40	180
120	100	2,5	71,53	0,29	145,88	217,41	220

Fuente: MTOP 2003

5.14. Alineamiento Vertical

El perfil vertical de un camino es tan importante como la alineación horizontal y debe estar directamente relacionado con la velocidad de diseño, la curva horizontal y la distancia visual. Bajo ninguna circunstancia se debe sacrificar el perfil vertical por una buena alineación horizontal. (MTO & NEVI-12, 2013)

5.14.1. Gradientes

En lo posible, debe tener un valor bajo para permitir una velocidad de circulación razonable y facilitar la operación de los vehículos. Según el volumen de tráfico y la naturaleza del terreno, suele indicar la máxima pendiente media que se puede emplear, en función de la velocidad de diseño en la siguiente figura 17.

Figura 17. Valores de Diseño de las Gradientes Longitudinales Máximas

Clase de Carretera				TPDA	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
R—Io	R—II	>	8.000		L	O	M	L	O	M
1	3.000	a	8.000	TPDA	2	3	4	3	4	6
II	1.000	a	3.000	TPDA	3	4	6	3	5	7
III	300	a	1.000	TPDA	3	4	7	4	6	8
IV	100	a	300	TPDA	4	6	7	6	7	9
V	Menos de		100	TPDA	5	6	8	6	8	12
										14

Fuente: MTO 2003

5.15. Curvas Verticales

Las curvas verticales pueden ser de cualquier tipo especificado. La curva vertical preferida en el diseño de perfiles de carreteras es una parábola simple que se aproxima a una curva circular. Por otro lado, dado que la medición de la longitud de la carretera se realiza en un plano horizontal con pendientes relativamente planas, tomar una parábola simple con el eje vertical centrado en el PIV prácticamente no introducirá ningún error. La

ordenada de una parábola y su tangente varía con el cuadrado de la distancia.(Cárdenas, 2015)

Para esto tenemos la siguiente ecuación.

$$h = \frac{AL}{800} \quad (28)$$

Donde:

h: Ordenada máxima en el punto PIV

A: Diferencia algebraica de gradientes

L: Longitud de la curva vertical

5.15.1. Curvas Verticales Convexas

La longitud mínima de la curva vertical se determina de acuerdo con los requisitos de distancia visual de estacionamiento del vehículo, considerando que la altura de los ojos del conductor es de 1,15 metros y la altura de los objetos visibles en la carretera es de 0,15 metros. Esta longitud está representada por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{AS^2}{426} \quad (29)$$

Donde:

L: Longitud de la curva vertical convexa,

A: Diferencia algebraica de gradientes

S: Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo

De manera más simplificada podemos determinar la siguiente.

$$L = K * A$$

(30)

Donde:

L: Longitud de la curva vertical convexa,

A: Diferencia algebraica de gradientes

K: Coeficiente

En la siguiente figura 18 veremos los valores característicos para determinar el coeficiente K en las curvas convexas.

Figura 18. Coeficiente K para Curvas Verticales Convexas Míminas

Velocidad de diseño kph	Distancia de Visibilidad para Parada-“s” (metros)	Coeficiente $K=S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2
30	30	2,11	2
35	35	2,88	3
40	40	3,76	4
45	50	5,87	6
50	55	7,1	7
60	70	11,5	12
70	90	19,01	19
80	110	28,4	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

Fuente: MTOP 2003

5.15.2. Curvas Verticales Cóncavas

Por razones de seguridad, la curva vertical cóncava debe ser lo suficientemente larga para que la longitud del haz de los faros del vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad requerida para que el vehículo se detenga.

La siguiente ecuación expresa la relación entre la longitud de la curva, la diferencia algebraica de la pendiente y la distancia de visibilidad de estacionamiento.

$$L = \frac{AS^2}{122 + 3.5S} \quad (31)$$

Donde:

L: Longitud de la curva vertical cóncava,

A: Diferencia algebraica de gradientes

S: Distancia de visibilidad para la parada de un vehículo

La fórmula anterior se basa en una altura de faros de 60 centímetros y un grado de divergencia hacia arriba con respecto al eje longitudinal del vehículo así de manera más simplificada podemos determinar la siguiente.

$$L = K * A \quad (32)$$

Donde:

L: Longitud de la curva vertical cóncava,

A: Diferencia algebraica de gradientes

K: Coeficiente

En la siguiente figura 19 veremos los valores característicos para determinar el coeficiente K en las curvas cóncavas.

Figura 19. Coeficiente K para Curvas Verticales Cóncavas Mínimas

Velocidad de diseño kph	Distancia de Visibilidad para Parada-"s" (metros)	Coeficiente $K=S^2/122+3,5 S$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Fuente: MTOP 2003

5.16. Criterios Generales para el Alineamiento Vertical

Deben evitarse las secciones con pendientes inversas pronunciadas y continuas, combinadas con líneas horizontales en su mayoría rectas, ya que representan un peligro grave; esto puede evitarse introduciendo una curvatura horizontal o teniendo pendientes más suaves, lo que significa más cortes y terraplenes.(MTOP & NEVI-12, 2013)

Tabla 17*Curvas Horizontales*

CURVAS HORIZONTALES							
No.	Radio (m)	CURVAS CIRCULARES		CURVAS ESPIRAL-CIRCULAR-ESPIRAL			
		PC	PT	TE	EC	CE	ET
2	115.000m	0+023.10m	0+054.19m			0+038.74m	
4	115.000m	0+168.57m	0+206.85m			0+187.89m	
6	115.000m	0+223.04m	0+251.65m			0+237.42m	
8	115.000m	0+291.76m	0+312.20m			0+302.01m	
10	115.000m	0+331.03m	0+349.17m			0+340.12m	
12	115.000m	0+357.91m	0+405.79m			0+382.20m	
14	115.000m	0+434.61m	0+446.57m			0+440.60m	
16	115.000m	0+476.96m	0+477.77m			0+477.37m	
18	9.379m			0+563.98m	0+581.18m	0+620.93m	0+648.81m
20	154.896m	0+618.72m	0+623.14m				
22	14.800m			0+635.27m	0+657.20m	0+758.75m	0+798.25m
24	115.000m	0+738.59m	0+778.51m				
26	45.320m			0+802.10m	0+821.61m	0+899.16m	0+918.23m
28	17.503m	0+890.09m	0+906.83m				
30	18.848m			0+914.54m	0+930.19m	0+964.01m	0+996.10m
32	115.000m	0+945.96m	0+981.77m				
34	115.000m	0+983.86m	1+008.26m				
36	115.000m	1+027.71m	1+037.09m				
38	35.255m			1+094.44m	1+132.80m	1+115.77m	1+135.97m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18*Curvas Verticales*

CURVAS VERTICALES					
No.	Abscisa		GRADIENTE %		Tipo de curva
	Final	PIv	Entrada	Salida	
1	0+390.00	0+415.00	8.25%	4.92%	Convexa
2	0+590.00	0+730.00	5.77%	8.67%	Cóncava
3	0+780.00	0+900.00	8.70%	6.12%	Convexa
4	0+910.00	1+025.00	6.12%	8.20%	Cóncava
5	1+045.00	1+150.00	8.20%	5.77%	Convexa

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5**5.17. Estudio de Suelos del Lugar de Investigación**

Este se refiere a la evaluación y el análisis detallados de las características y propiedades del suelo de un lugar en particular. Este tipo de investigación es realizada por geólogos, geoingenieros y profesionales de la ciencia del suelo y es esencial para muchos proyectos de construcción, ingeniería civil, agricultura y desarrollo urbano. El objetivo principal de los levantamientos de suelos es obtener información sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos presentes en un área en particular (Arévalo Zhagui, 2018).

Los aspectos importantes a considerar en un levantamiento topográfico incluyen:

Tipo de suelo: determina el tipo de suelo presente en el sitio, como arcilla, arena, limo, grava o roca. Cada tipo de suelo tiene propiedades y comportamientos diferentes.

Capacidad portante: Evalúa la capacidad del suelo para soportar las cargas y presiones

de las estructuras que se construirán sobre él. Esto es importante para el diseño adecuado de cimientos y estructuras.

Compactación: Mide el grado de compactación del suelo. Esto afecta directamente la estabilidad y consolidación del suelo. **Humedad:** analice la cantidad de agua presente en el suelo, ya que la humedad afecta la resistencia del suelo y la contracción o expansión.

Permeabilidad: Determina la capacidad del suelo para permitir el paso del agua. Esto es importante para el diseño de drenaje y la gestión de aguas pluviales.

Potencial de erosión: evaluar la vulnerabilidad del suelo en áreas donde la erosión del suelo puede ser causada, especialmente por la construcción y la agricultura. **Probabilidad de hundimiento:** calcule la cantidad y la distribución del hundimiento que puede ocurrir cuando el suelo está lleno de estructuras e infraestructura.

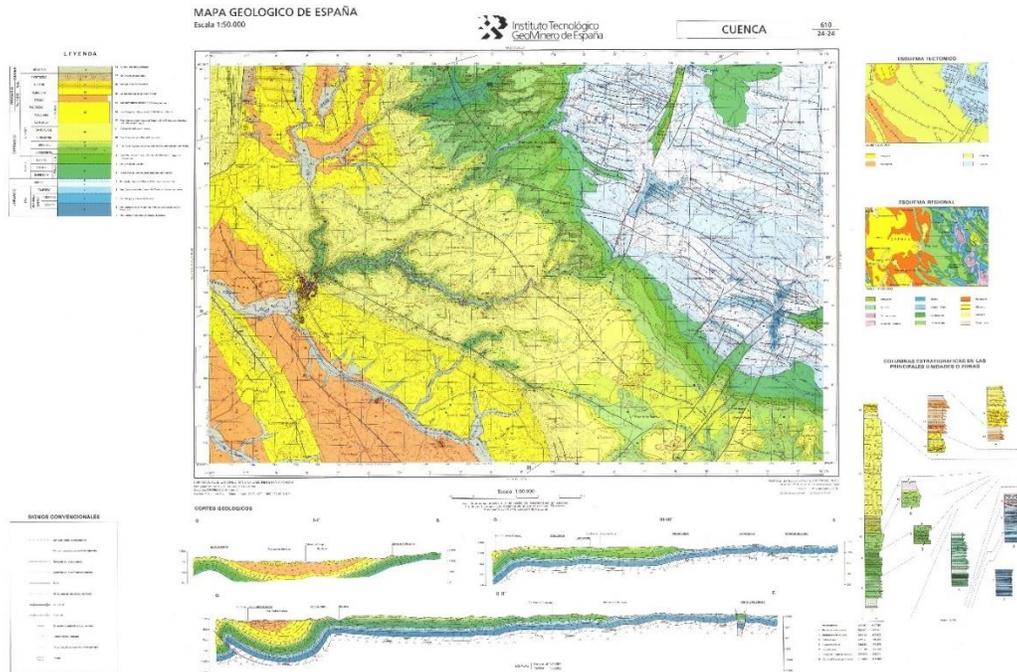
Estudios de contaminantes: En algunos casos, se realizan análisis para confirmar la presencia de contaminantes en el suelo que pueden afectar la calidad y seguridad ambiental. La información de los levantamientos de suelos ayuda a los ingenieros, arquitectos y planificadores a tomar decisiones informadas sobre el diseño y la construcción de edificios, carreteras, puentes, represas, sistemas de drenaje y otros proyectos que dependen de la estabilidad y las propiedades del suelo. El conocimiento de las condiciones del suelo también es fundamental para el desarrollo agrícola, ya que nos ayuda a seleccionar los mejores cultivos y aplicar las técnicas agrícolas adecuadas. En resumen, los estudios de suelo son un paso fundamental para garantizar la seguridad y eficacia de cualquier proyecto que involucre interacción con el suelo (Abdollahi et al., 2022).

5.17.1. Características de la Subrasante

En la determinación de estas características de la subrasante, se planifico lo siguiente:

Se realizó 3 calicatas o excavaciones para poder determinar la composición del suelo del lugar y la respectiva recopilación de muestras para posterior analizarlos en el laboratorio. En cuanto al número de calicatas y la ubicación fue analizado por la siguiente figura.

Figura 20. Mapa Geológico de Cuenca. Escala 1:50.000



Fuente: IGM Ecuador

En la siguiente tabla podemos observar en donde se ubicaron las calicatas del proyecto en Turi.

Tabla 19

Número de Calicatas

Numero de Calicata	Coordenadas UTM – Zona 17 S	
	Datum WGS84	
	Coordenada E	Coordenada N
1	721868.9228	9675323.013
2	722072.2758	9675136.933
3	722322.325	9674860.719

Fuente: MTOP 2003

5.17.2. Excavación de Calicatas

La excavación de las 3 calicatas es una técnica utilizada para obtener información más detallada sobre las características del suelo y los estratos subterráneos presentes en un área en particular. Esta es una parte fundamental del levantamiento de suelos y se realiza previo a cualquier trabajo relacionado con la excavación o construcción del proyecto. Un pozo de prueba es una excavación a cielo abierto o de zanja creada con herramientas manuales o maquinaria, según la profundidad y el tipo de suelo que se investiga. Las excavaciones permiten examinar diferentes capas de suelo y tomar muestras para su posterior análisis en el laboratorio.

- Calicata #1 PCA

Coordenadas (721868.9228 E; 9675323.013 N)

Esta calicata fue realizada con una profundidad de 1.50 metros. Se retiro la capa vegetal existente y limpiar hasta encontrar material grueso, esta calicata fue ejecutada al costado de la vía, precisamente en la abscisa 0+300. En esta zona no se identifica nivel freático y se obtuvo la muestra para procesarla.

Figura 21. Exploración Calicata #1 PCA



Fuente: Elaboración propia

- Calicata #2 PCA

Coordenadas (722072.2758 E; 9675136.933 N)

Esta calicata fue realizada con una profundidad de 1.50 metros. Se retiro la capa vegetal existente y limpiar hasta encontrar material grueso, esta calicata fue ejecutada al costado de la vía, precisamente en la abscisa 0+700. En esta zona no se identifica nivel freático y se obtuvo la muestra para procesarla.

Figura 22. Exploración Calicata #2 PCA



Fuente: Elaboración propia

- Calicata #2 PCA

Coordenadas (722322.325 E; 9674860.719 N)

Esta calicata fue realizada con una profundidad de 1.50 metros. Se retiro la capa vegetal existente y limpiar hasta encontrar material grueso, esta calicata fue ejecutada al costado de la vía, precisamente en la abscisa 1+100. En esta zona no se identifica nivel freático y se obtuvo la muestra para procesarla.

Figura 23. Exploración Calicata #3 PCA



Fuente: Elaboración propia

5.18. Ensayos de Laboratorio

5.18.1. Ensayos de CBR

La prueba CBR (California Support Ratio) es un procedimiento de laboratorio utilizado para evaluar la resistencia de una capa de suelo subyacente bajo ciertas condiciones. Esta prueba es ampliamente utilizada en ingeniería civil e ingeniería geotécnica para determinar la capacidad portante de suelos y la capacidad portante de estructuras, pavimentos y caminos. Las pruebas de CBR implican comparar la resistencia del suelo con una muestra

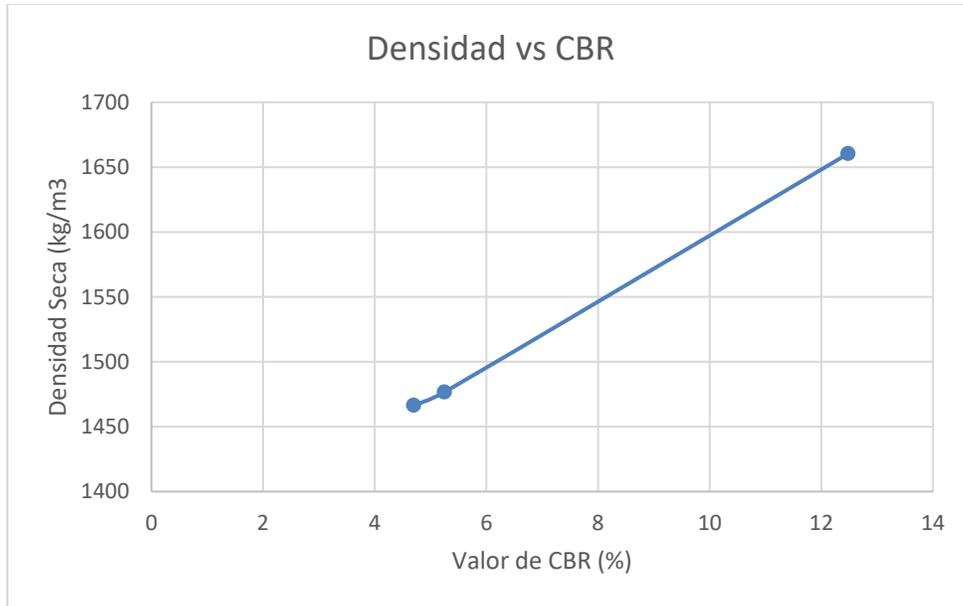
estándar de piedra triturada o grava compactada considerada estándar. CBR se expresa como un porcentaje que representa la relación entre la resistencia del terreno de prueba y la resistencia de la muestra de referencia a una profundidad determinada (ASTM, 2007).

A continuación, se muestra una descripción general de los pasos generales para realizar una prueba CBR.

Preparación de la muestra, se toma una muestra de suelo representativa del área de interés utilizando un pozo de prueba o un método de excavación. Las muestras se recogieron en capas y se almacenaron adecuadamente para su análisis. Preparación para la calibración: Compacte una muestra de material granular estándar, como piedra triturada o grava, en un molde para realizar pruebas. Esta muestra se utiliza para comparar la resistencia de los pisos probados. Preparación del molde: se introduce una cantidad específica de suelo en el molde CBR en capas y cada capa se compacta con tiempos de batido estándar para lograr el grado de compactación especificado. La densidad y la humedad se miden y registran. Prueba de penetración: se usa el pistón o la placa, y las cargas se generan a una velocidad constante en el piso. La carga requerida se registra para penetrar el suelo en una profundidad específica. Cálculo de CBR: divida la carga requerida para lograr una penetración determinada por la carga requerida para la misma penetración en un material estándar y multiplíquela por 100 para obtener el valor porcentual de CBR(Farinango, 2014). Los valores de CBR obtenidos durante las pruebas indican la capacidad portante del suelo y su resistencia relativa. Los ingenieros utilizan estos resultados para diseñar cimientos, caminos y aceras de manera segura y eficiente, teniendo en cuenta las características únicas del suelo en el que se ubica el proyecto. Es importante tener en cuenta que la prueba CBR es solo una de las muchas pruebas utilizadas en estudios

geotécnicos más completos para evaluar las condiciones del suelo y garantizar una construcción adecuada. En las siguientes figuras vamos a observar los resultados de los ensayos de CBR, de cada una de las tres calicatas.

Figura 24. *Ensayo CBR para la Calicata #1 PCA*



Fuente: Elaboración propia

Los valores de CBR obtenidos en la calicata 1 es 6%

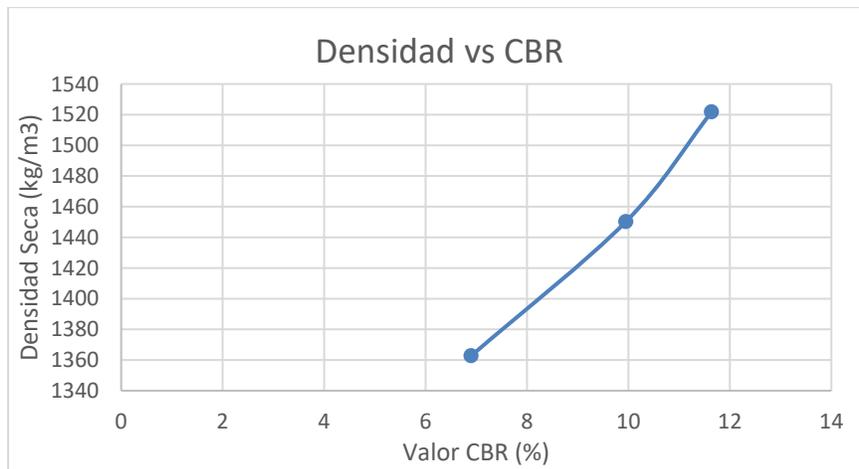
Figura 25. *Ensayo CBR para la Calicata #2 PCA*



Fuente: Elaboración propia

Los valores de CBR obtenidos en la calicata 2 es 12.5%

Figura 26. *Ensayo CBR para la Calicata #3 PCA*



Fuente: Elaboración propia

Los valores de CBR obtenidos en la calicata 3 es 10.65%

5.18.2. Ensayos de Clasificación de Suelos

En la siguiente tabla se va a exponer una especie de resumen de resultados acerca de la clasificación de suelos existente en el proyecto.

Tabla 19

Clasificación de Suelos AASHTO y SUCS

Resumen de ensayos de clasificación de suelos										
Datos	Gradación			Límites de Atterberg				Clasificación		
Muestra	Grava %	Arena %	Finos %	LL %	LP %	IP %	Humedad %	SUCS %	AASHTO	Tipo de suelo
PCA #1	60%	25%	22%	13%	25%	12%	7.23%	GP	A-2-6 (0)	Grava arcillosa
PCA #2	54%	37%	21%	16.00%	18.00%	35.00%	4.62%	GW - GC	A-2-6 (0)	Grava arcillosa
PCA #3	61.00%	35.00%	9.00%	36.50%	52.32%	12.00%	8.26%	SP - SM	A-2-6 (0)	Grava arcillosa

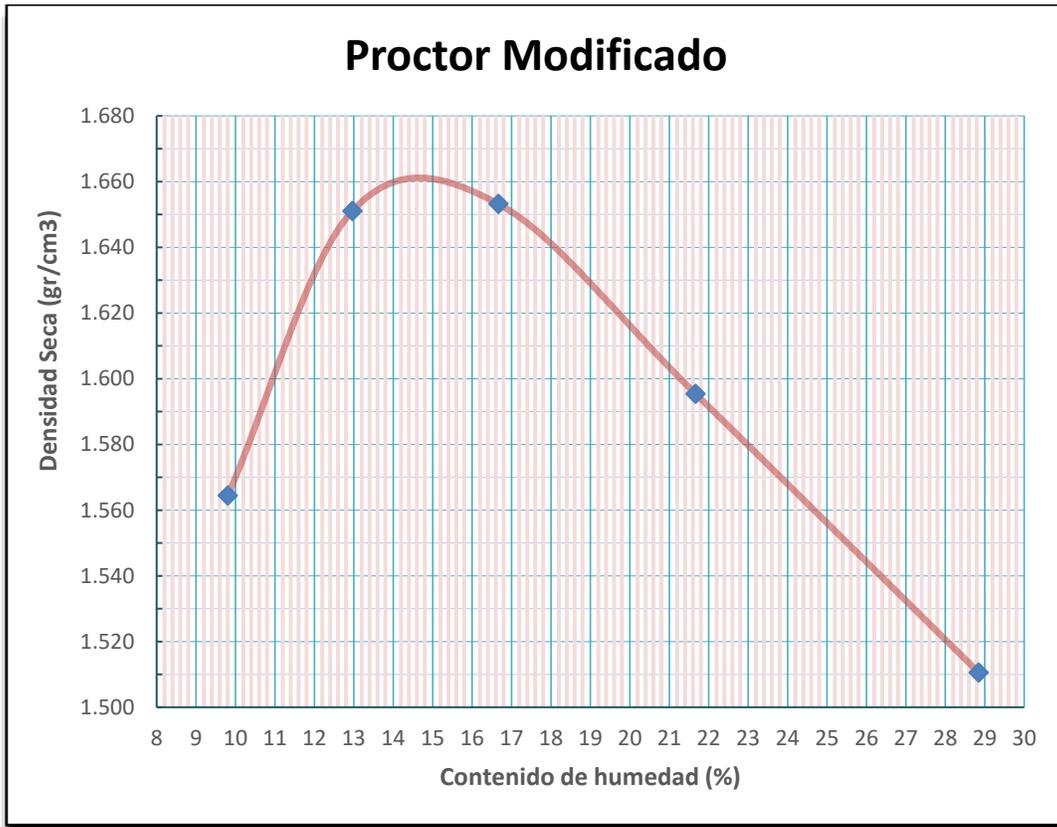
Fuente: Elaboración propia

5.18.3. Ensayos de Compactación Proctor Modificado

Según la normativa (ASTM D 1557) en este ensayo se enfoca la búsqueda del valor de la humedad óptima del material, cuyo valor sirve para el ensayo del CBR por ende las siguientes figuras van a representar los resultados obtenidos en relación a la humedad y la densidad seca.

Calicata #1

Figura 27. Resultados ensayo Proctor Modificado Calicata #1 PCA



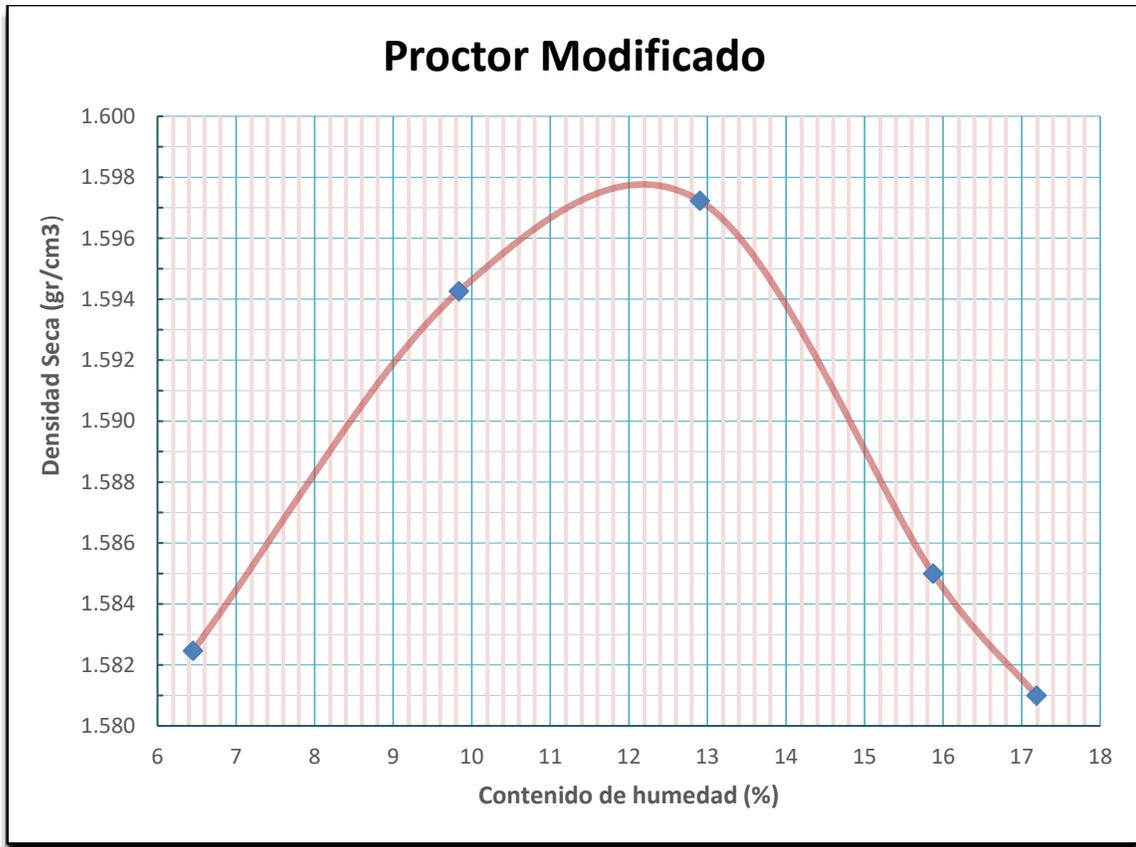
Fuente: Elaboración propia

Humedad Óptima: 14.3 %

Densidad Seca Máxima: 1661 Kg/m³

Calicata #2

Figura 28. Resultados ensayo Proctor Modificado Calicata #2 PCA



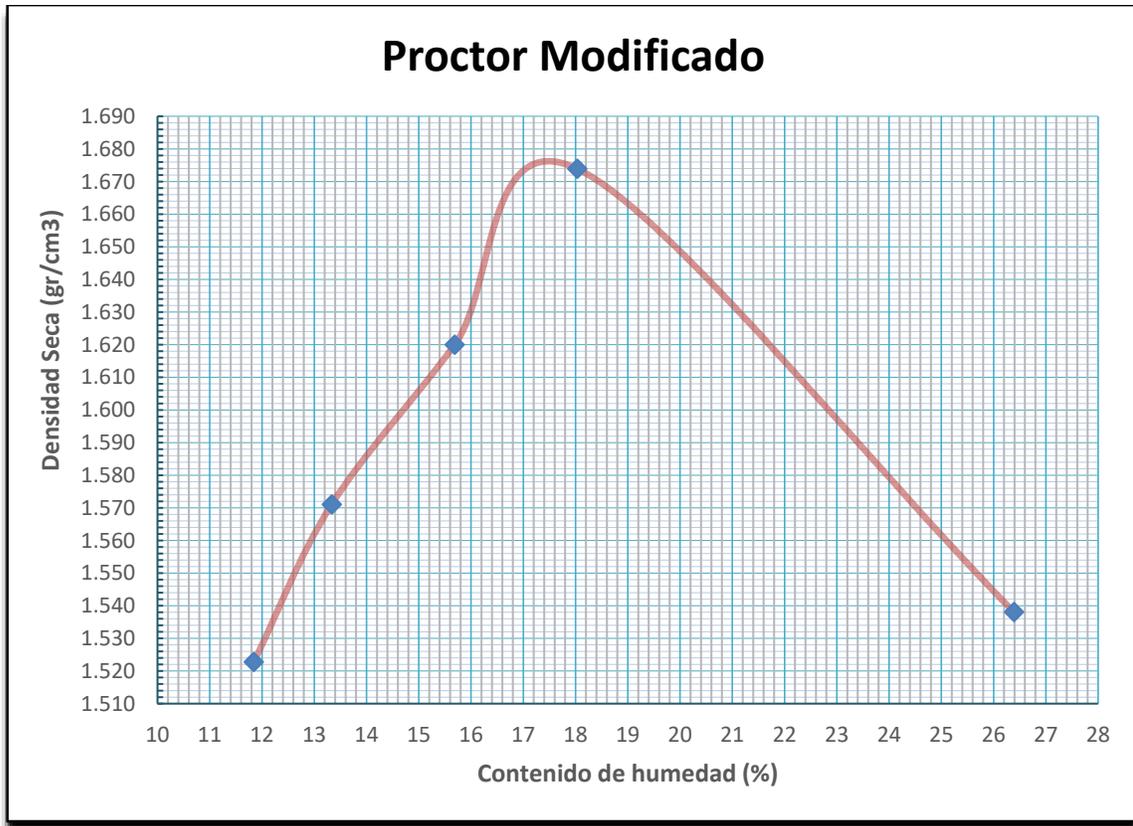
Fuente: Elaboración propia

Humedad Óptima: 12.1 %

Densidad Seca Máxima: 1598 Kg/m³

Calicata #3

Figura 29. Resultados ensayo Proctor Modificado Calicata #3 PCA



Fuente: Elaboración propia

Humedad Óptima: 17.5 %

Densidad Seca Máxima: 1675 Kg/m³

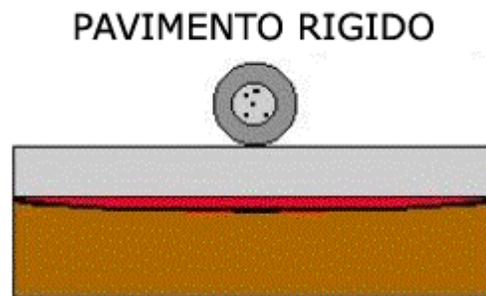
De esta manera brevemente se puede decir mediante un análisis que el CBR característico es de 2.40%.

5.19. Cálculo de la Estructura de Pavimentos Rígidos

La metodología de diseño de AASHTO se desarrolló originalmente con el nombre de AASHO. Basado en pruebas exhaustivas en los Estados Unidos en la década de 1960 y

realizado en Illinois durante dos años e incluía tablas, gráficos y fórmulas que muestran las relaciones de reducción requeridas para varias partes capacitación. A partir de la versión de 1986 y la versión mejorada de 1993, respectivamente, el método AASHTO comienza a introducir conceptos mecánicos para abordar diversos problemas. Parámetros para condiciones poco comunes en el sitio de prueba original. Se eligió el método AASHTO porque, a diferencia de los demás, este método es capaz para proporcionar al usuario superficies lisas y lisas.(AASHTO, 2003; Abdollahi et al., 2022)

Figura 30. *Esquema del comportamiento de pavimentos*



Fuente: MTOP 2003

5.19.1. Subrasante

Una pequeña parte es apoyo ambiental, planificado e integrado, en curso. La función de la capa inferior es proporcionar un soporte constante, en lugar de para soportar cambios repentinos en el valor, lo que significa que proporciona un soporte constante es más importante que tener un soporte fuerte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado al suelo.

5.19.2. Subbase

El fondo es la parte del patio sólido, entre los pisos poco profundos y sólidos. Contiene uno o más de los agregados; la función principal de la subbase es evitar la erosión del suelo fino. Se permite que los rellenos sanitarios se mezclen con tierra, agua y vehículos que

producen rocío. Muchas situaciones se presentarán en el diseño de carreteras y vehículos pesados.

Además, la norma (AASHTO, 2003) recomienda las siguientes funciones que debe cumplir:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo (K) de reacción de la subrasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción

5.19.3. Losa o pavimento

Los pisos están hechos de hormigón de cemento Portland. El contenido mínimo de cemento debe determinarse a partir de pruebas de laboratorio y resultados previos de resistencia y dureza de esta misma,

5.19.4. Factores de Diseño

El diseño de pavimento rígido implica el análisis de varios factores: tráfico, drenaje, clima, propiedades del suelo, capacidad de carga, mantenimiento del diseño deseado y grado deseado de confiabilidad. Dependiendo de la importancia del camino todos estos factores son necesarios para predecir el comportamiento fiable de las estructuras de pavimento y evitar el revestimiento se dañe hasta el punto de hundirse durante su vida útil.

Para esto se tiene la denominada ecuación fundamental AASHTO 93 para el diseño:

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^{-7}}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 P_t) \log \left[\frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k}\right]^{0.25}} \right]} \right] \quad (33)$$

Donde:

W18: Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas

ZR: Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R

S0: Desvío estándar de todas las variables

D: Espesor de la losa del pavimento

ΔPSI: Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

Pt: Serviciabilidad final

S'c: Módulo de rotura del concreto

J: Coeficiente de transferencia de carga

Cd: Coeficiente de drenaje

EC: Módulo de elasticidad del concreto

K: Módulo de reacción de la subrasante

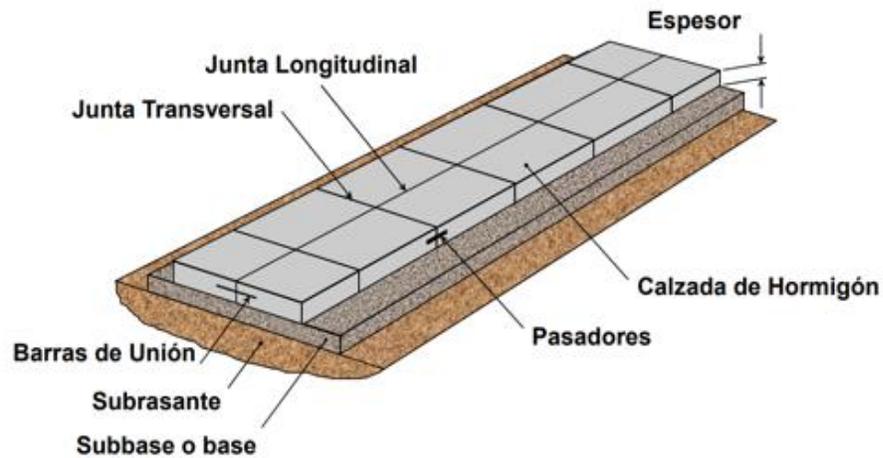
5.19.5. Variables de Diseño

Se refiere al tiempo que transcurre desde que se abre la vía hasta que se abre al tráfico.

La superficie de la carretera debe repararse, es decir, cuando la superficie de la carretera alcanza un cierto nivel mantenimiento mínimo. El período de análisis es el período de tiempo del análisis a realizar, es decir, en cualquier momento que se pueda cubrir una

estrategia de diseño independientemente de la rehabilitación, los resultados del análisis son los mismos para el tiempo de uso, pero cuando se considera la programación por fases, es decir, una o varias operaciones de reparación en función de la estructura del revestimiento, el ciclo de análisis incluye varios ciclos de vida: el ciclo de cobertura y el ciclo de cobertura.(Farinango, 2014)

Figura 31. Partes del Diseño de Pavimento según AASHTO 93



Fuente: MTOP 2003

A continuación, se presenta la siguiente tabla para los periodos de análisis.

Tabla 20

Período de Análisis

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

Fuente: Elaboración propia

5.19.6. Confiabilidad

La confiabilidad es la probabilidad de que un recubrimiento funcione satisfactoriamente y sea resistente al tráfico y a las condiciones ambientales durante su vida útil o período de diseño, durante este período. Tenga en cuenta que cuando hablamos de comportamiento del recubrimiento nos referimos a las capacidades estructurales y funcionales. Es decir, la capacidad de soportar las cargas impuestas por el transporte y garantizar la seguridad y comodidad del usuario durante su diseño. Por lo tanto, la confiabilidad está relacionada con la ocurrencia de fallas en el recubrimiento de la estructura y está representada mediante R en (%), de otra manera puede estar relacionada al grado de importancia de una carretera como la siguiente figura.

Figura 32. Niveles de Confiabilidad según AASHTO, 93

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Periodo de Análisis

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

Fuente: Elaboración propia

5.19.7. Serviciabilidad

Según la norma (ASTM, 2007) la serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vialidad. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc., que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

5.19.8. Índice de Serviciabilidad Inicial

Está establecido como la condición original después de su ejecución y la AASHTO formulo un valor deseable para pavimentos rígidos de 4.5 si no hay información disponible.

5.19.9. Índice de Serviciabilidad Final

Este se da cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de seguridad y se tiene la siguiente tabla.

Tabla 22

Clasificación por Índice de Serviciabilidad

Pt	Clasificación
3	Autopistas
2.5	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2	Calles residenciales y estacionamientos

Fuente: Elaboración propia

La pérdida de serviciabilidad será la diferencia entre ambos índices con la siguiente ecuación.

$$\Delta PSI = P_0 - P_t \quad (34)$$

Donde:

ΔPSI : Diferencia de Índice de Serviciabilidad

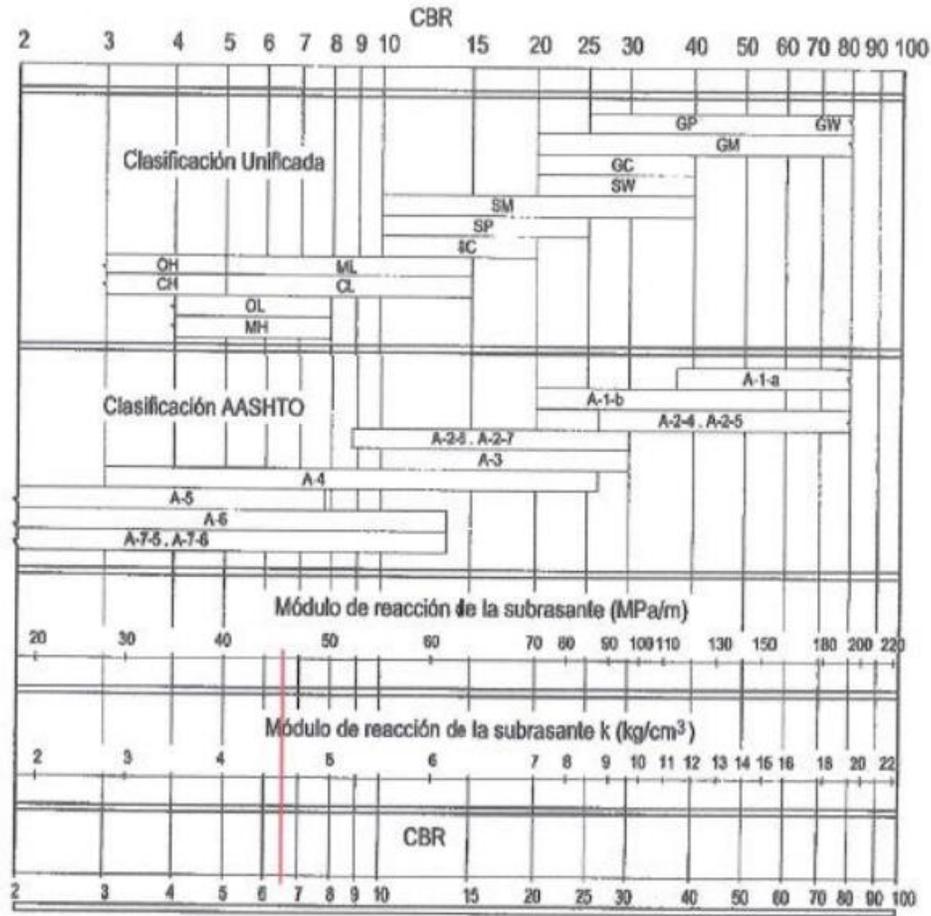
P_0 : Índice de Serviciabilidad Inicial

P_t : Índice de Serviciabilidad Final

5.19.10. Módulo de Relación de la Subrasante

Puesto que la prueba de carga sobre placa, requiere tiempo y es costosa, el valor de k es estimado generalmente por correlación con otros ensayos simples, tal como la razón de soporte california (CBR) o las pruebas de valores R. El resultado es válido porque no se requiere la determinación exacta del valor k ; las variaciones normales para un valor estimado no afectarán apreciablemente los requerimientos de espesores del pavimento. Las relaciones de la figura siguiente son satisfactorias para propósitos de diseño (ASTM, 2007).

Figura 33. Relación aproximada entre los valores k y las distintas propiedades de los suelos según ASTM, 97



Fuente: MTOP 2003

5.19.11. Módulo de Ruptura del Concreto

Como variable de entrada para el diseño de pavimentos, es un parámetro muy importante el pavimento rígido porque controla las grietas causadas por la fatiga del pavimento ya que los camiones están siendo recargados. También se le llama resistencia a la tracción al hormigón flexible. El módulo de ruptura requerido en el programa de diseño es promedio y determinado después de 28 días utilizando una prueba de carga de un tercio. De esta forma se obtiene una zona de momento flector constante en el tercio medio es igual a $PL/3$ y el quiebre solo ocurrirá en cualquier punto del tercio medio y la condición es que

haya una debilidad. sugiera esta prueba en su lugar de carga de punto medio, el punto en el que inevitablemente ocurrirá la falla el lugar donde el momento de flexión es mayor.

Podemos tener una ecuación de referencia al ser variable en cuanto a unidades.

$$S'_c = k(f'_c)^{0.5} \quad 7 < k < 12 \quad (35)$$

5.19.12. Módulo de Elasticidad del Acero

Este es un parámetro que indica la rigidez y la capacidad de distribuir cargas que tiene una losa de pavimento. Es la relación entre la tensión y la deformación. Las deflexiones, curvaturas y tensiones están directamente relacionadas con el módulo de elasticidad del concreto. En los pavimentos de concreto armado continuo, el módulo de elasticidad junto con el coeficiente de expansión térmica y el de contracción del concreto, son los que rigen el estado de tensiones en la armadura.(AASHTO, 2003)

Tenemos la siguiente ecuación para determinarlo.

$$E_c = 5700(f'_c)^{0.5} \quad (36)$$

5.19.13. Drenaje

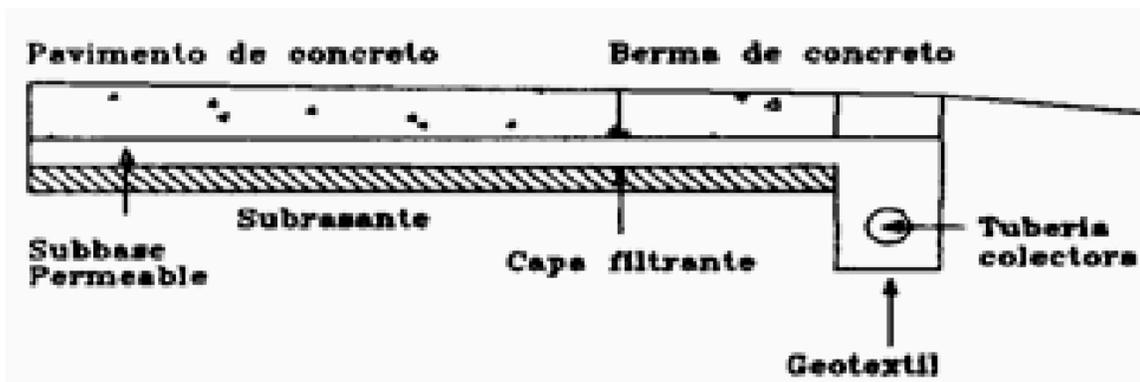
El proceso por el cual el agua se infiltra o se infiltra en la superficie el agua subterránea extraída del suelo y la roca por medios naturales o artificiales se denomina drenaje. El drenaje es uno de los factores más importantes en el diseño de pavimentos. El agua es la principal causa del deterioro estructural del pavimento debido a que tuvo muchos efectos devastadores en él, siendo el peor la pérdida de apoyo en la carretera.

Para minimizar el impacto del agua sobre el pavimento es necesario:

- Evita la entrada de agua al pavimento (drenaje superficial).
- Proporcione desagües para una eliminación rápida del agua (desagües subterráneos).
- Construir pavimentos que sean lo suficientemente fuertes para resistir los efectos combinados de carga y agua.

Dado que es imposible evitar que el agua entre en la estructura del pavimento, es necesario. Construya un sistema de drenaje subterráneo para eliminar rápidamente esta agua con un esquema como en la siguiente figura.

Figura 34. Sección de una base permeable con berma de concreto según ASTM, 97



Fuente: ASTM 1997

A continuación, en la figura alguno de los valores que se recomiendan para el coeficiente de drenaje C_d .

Figura 35. Valores recomendados para el coeficiente de Drenaje según AASHTO, 93

C _d	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		< 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Calificación					
Excelente	2 horas	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: AASHTO 1993

5.19.14. Coeficiente de Transferencia de Carga

Como podemos ver en la norma (AASHTO, 2003) la capacidad de una estructura de pavimento de concreto para poder transferir las cargas a través de juntas o grietas es tomado en cuenta en el método AASHTO 93 por medio del coeficiente de transferencia de carga J. Los dispositivos de transferencia de carga, trabazón de agregados y la presencia de bermas de concreto tienen efecto sobre este valor en la siguiente figura a continuación.

Figura 36. Coeficiente de Transferencia de Carga en relación al ESALS de la AASHTO, 93

Soporte lateral	Si	No	Si	No	Si	No	Tipo
	Con pasadores con o sin refuerzo de temperatura		Con refuerzo continuo		Sin pasadores (fricción entre agregados)		
Hasta 0.3 millones	2.7	3.2	2.8	3.2	-	-	Calles y caminos vecinales
0.3 - 1	2.7	3.2	3.0	3.4	-	-	
1 - 3	2.7	3.2	3.1	3.6	-	-	
3 - 10	2.7	3.2	3.2	3.8	2.5	2.9	Caminos principales y autopistas
10 - 30	2.7	3.2	3.4	4.1	2.6	3.0	
más de 30	2.7	3.2	3.6	4.3	2.6	3.1	

Fuente: AASHTO 1993

5.20. Cálculos de Pavimento Rígido

Se presentan las siguientes tablas con la información requerida para el diseño según las diferentes condiciones del lugar de investigación del proyecto.

Para esto se empezó con la recopilación de los datos que han sido considerados para el diseño. Y la importancia en cada factor y a la vez en que estos cumplan con los requisitos para el diseño de pavimento rígido según la AASHTO, 1993; y la norma ASTM 97 que serán tomadas en cuenta de la siguiente manera mediante la tabla.

Tabla 23

Datos Diseño Pavimento Rígido

Datos de diseño para Pavimento Rígido	
Ejes equivalentes (W)	401627
Nivel de confianza (NC)	70%
Desviación estándar (ZR)	0.524
Error estándar combinado (So)	0.32
Número estructural (SN)	2.305
Índice de serviciabilidad (DPSI)	2
Modulo resiliente subrasante (MR)	18750
Índice de serviciabilidad inicial (P0)	4.5
Índice de serviciabilidad final (Pt)	2.5
Módulo de Rotura (S'c)	1306.001914
Coefficiente de drenaje (Cd)	0.7

Fuente: AASHTO 1993

Tabla 23

Resultados de los ensayos de laboratorio de CBR

Resultados Ensayo de C.B. R		
Densidad seca máx.	1715	kg/m3
95% Densidad seca máx.	1629	kg/m3
C.B. R	12.5	%

Fuente: AASHTO 1993

Tabla 23

Módulos y coeficientes de Diseño

Coeficiente de transferencia de carga (J)	3.4
Módulo de elasticidad (Ec)	10634587.02
Módulo de Reacción (K)	400

Fuente: AASHTO 1993

Tabla 23*Resultados finales del Diseño de Pavimento Rígido*

Valor D final		Comprobación SN
Pavimento		
Cm	in	SN
15	5.91	2.07
Base		
Cm	in	
25	9.84	1.18
Sub base		
Cm	in	
15	5.91	0.53
Total		3.780

Fuente: AASHTO 1993

De esta manera como podemos observar si cumple las medidas para el diseño de pavimento rígido del proyecto de investigación.

6. Análisis de resultados

Dentro del análisis de los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo de investigación acerca del diseño geométrico y de pavimento de la vía CRS – Turi hacia San Pedro de Hierba Buena se llegó a considerar lo siguiente.

Respecto al diseño geométrico la valoración de los aspectos tanto las normas como la revisión bibliográfica en coincidir la estructuración del análisis de lo realizado se basa en que los resultados son acertados en cuanto a las difíciles condiciones que tiene la vía y el poco espacio para su implementación por lo que se tomó diferentes características para conservar la seguridad en el diseño.

Acerca del estudio del suelo los resultados fueron bastante acertados a los límites y normativas que sugieren un correcto diseño con las normativas nacionales y las

internacionales como la ASTM y verificar en cada uno de los ensayos realizados en laboratorio y luego tabulados y calculados en Excel la correcta realización y obtención de estos factores para continuar con el diseño de pavimento rígido.(AASHTO, 2003)

En este punto para mejorar los resultados se decidió tomar en consideración el diseño de pavimento rígido que fue llevado a cabo con normalidad y resultados comprensibles para ser plasmados en la realidad del lugar de investigación de este proyecto.

7. Cronograma

Para mejorar la calidad de la investigación se tomó en cuenta varios aspectos que son fundamentales a lo largo de este proyecto de investigación y se realizó lo siguiente con el fin de tener las actividades bien realizadas.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES															
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	MES 1				MES 2				MES 3				HORAS	
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Diseñar y garantizar la seguridad, comodidad y eficiencia del tráfico vehicular del sector San Pedro, de la vía que conecta con el CRS Turi, considerando las condiciones del suelo, topográficas, hidrológicas y el tráfico del sector.	Primer acercamiento para revisión topográfica	X	x	X											20
	Revisión oportuna del avance				x										20
	Estudio de suelos					X									20
	Revisión Bibliográfica					x	x								10
Aplicar los estudios de suelos, de topografía y control de tráfico, útiles para la elaboración del diseño geométrico y de pavimento de la vía que conecta con el CRS Turi.	Elaboración del diseño mecánico.						x								10
	Elaboración del diseño de control.							x	x						10
	Revisión de los diseños elaborados.							x	x						10
	Depuración de los diseños elaborados.								x						20

Diseñar el trazado de una carretera y la estructura de pavimento flexible para la vía que conecta con el CRS Turi, tomando en consideración las limitaciones topográficas del terreno y las condiciones del suelo e hidrológicas de su emplazamiento.	Implementación del diseño mecánico.													x						20	
	Realizar pruebas aisladas del sistema mecánico.														x	x					20
	Armado del diseño de control.															x	x				20
	Realizar pruebas del diseño de control.															x	x				20
	Implementar el diseño de control.															x	x				10
Evaluar, corregir y validar los parámetros de diseño mediante la consideración de una serie de factores técnicos y normativos, que garantizan la calidad y la sostenibilidad de la infraestructura vial.	Pruebas del sistema mecánico y control diseñados																		x	x	10
	Calibración de los sistemas implementados																		x	x	10
	Redacción de documento																		x	x	10
Total, de horas empleadas																				240	

8. Conclusiones

Finalizado este proyecto de investigación sobre el diseño geométrico y de pavimento he obtenidos las siguientes conclusiones:

Se dio importancia en tener un correcto diseño sobre todo en zonas rurales de la ciudad, debido a las condiciones topográficas y geológicas más complejas que se presentan en estos terrenos respecto a la seguridad ya que es la principal preocupación en carreteras montañosas debido a las curvas pronunciadas, pendientes empinadas y condiciones climáticas variables. El diseño debe asegurar que los vehículos puedan maniobrar de manera segura en estas condiciones.

En estos sectores rurales de nuestra ciudad es importante la estabilidad del terreno al saber que es crucial para prevenir deslizamientos de tierra y colapsos al tener un tránsito de peatones y vehículos que pasan por esta vía. Se deben realizar estudios geotécnicos exhaustivos para garantizar que la carretera esté construida sobre una base

sólida y estable. Así también el cuidado que se tuvo con las pendientes empinadas ya que pueden hacer que los vehículos pierdan tracción o incluso causar accidentes dentro de la vía. Por esto se deben establecer límites de pendiente adecuados. Se Tomo en consideración tanto las condiciones climáticas en áreas montañosas pueden llevar a fuertes lluvias y deshielo, lo que aumenta la importancia de un sistema de drenaje efectivo para evitar inundaciones y erosiones. También se deben seleccionar materiales de pavimentación adecuados que puedan soportar las cargas y las condiciones climáticas extremas. Y sobre todo velar para que en el diseño se tenga en cuenta el impacto ambiental y buscar minimizar la alteración del ecosistema circundante del sector de nuestra ciudad.

En conclusión, el diseño geométrico y de pavimento del proyecto de investigación en Turi, Cuenca requiere un enfoque metódico y cuidadoso para garantizar la seguridad de los usuarios de la carretera y la estabilidad a largo plazo de la infraestructura vial ante las frecuentes crisis en nuestra región. Además, la planificación debe adaptarse a las condiciones específicas de la zona para garantizar una solución óptima, amigable y sostenible en cuanto a las necesidades.

9. Referencias Bibliográficas

- AASHTO. (2003). *MÉTODO AASHTO 93 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS*.
- Abdollahi, S. F., Lanotte, M., Kutay, M. E., & Bahia, H. (2022). AASHTO 1993 Plus: an alternative procedure for the calculation of structural asphalt layer coefficients. *International Journal of Pavement Engineering*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/10298436.2022.2118273>
- Arévalo Zhagui, L. M. (2018). *Diseño geométrico y de pavimentos de la vía Camino a Ucholoma de la parroquia Baños, cantón Cuenca*.
- ASTM. (2007). *ASTM D1883-07*. <https://doi.org/10.1520/D0698-07E01>
- Beltrán, G., & Guerra, D. (2023). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingenieros Civiles*.
- Bernaola, R. (2014). *Evaluación y determinación del índice de condición del pavimento rígido en la av. Huancavelica, distrito chilca, Huancayo*.
- Cárdenas, J. (2015). *Diseño Geométrico de carreteras*.
- Dempsey, B. J. (1969). *A heat-transfer model for evaluating frost action and temperature related effects in multi-layered pavement systems: Vol. null* (null, Ed.).
- Farinango, D. (2014). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE EL PAVIMENTO RÍGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE*.
- García, A., Javier, F., Torregrosa, C., Pérez-Zuriaga, A., & Moreno, A. T. (2013). *Estudio experimental de la funcionalidad y seguridad de las carreteras convencionales*. <https://doi.org/10.13140/2.1.4553.0569>
- Guillermo, J., & Daza, C. (2015). *IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE ELEVACIÓN OBTENIDOS MEDIANTE TOPOGRAFIA CONVENCIONAL Y TOPOGRAFIA CON DRONES PARA EL DISEÑO GEOMETRICO DE UNA VIA EN REHABILITACION SECTOR TULUA-RIO FRIO*.
- Lanotte, M., & Kutay, M. E. (2017). *Bearing capacity of roads. presented at the railways and airfields: Vol. null* (null, Ed.).
- MTOP. (2003). *Diseño Geométrico*.
- MTOP, & NEVI-12. (2013). *MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE LIBRO A NORMA PARA ESTUDIOS Y DISEÑOS VIALES*.
- Municipal, F., Barranco, E., Ligia, A., & Correa, P. (n.d.). *CENTRO DE REHABILITACIÓN SOCIAL REGIONAL SIERRA CENTRO-SUR CUENCA*.
- Normas de Diseño Geométrico de carreteras*. (2003).
- Rodríguez, J. A. V. (2022). El déficit de formulación de la política pública de la infraestructura vial nacional de 1998. *Infraestructura Vial*, 24(43), 1–12.
- Sapag Chain, N., Sapag Chain, R., & Sapag, J. M. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos*. Mc Graw Hill educación.

Anexos

Matriz de conteo vehicular
Luis Gustavo Jara
Gómez

FECHA:

sábado, 6 de mayo de 2023

HORA INICIO: 0:00:00

HORA FINAL: 23:59:00

INTERSECCION:		Calle CRS Turi -Agua Santa
Encuestador		Luis Gustavo Jara Gómez
ESTACION 1:		Luis Gustavo Jara Gómez



MEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS, MOTOS y BICIS)
 Calle CRS Turi - Agua Santa INICIC 00H00
 FECHA: sábado, 6 de mayo de 2023 FIN 24H00

LIVIANOS	BUSES	CAMIONES		TRAILER	Motos	Bicis	peatone
		2 EJES	3 EJES				
1	0	0	0	0	2	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	4	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	2	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
2	0	2	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	2	0	0
7	0	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	2
2	2	0	0	0	2	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	2	0	0
8	2	0	0	0	0	0	0
10	2	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	2
3	2	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0
8	2	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	2	0	0
10	2	0	0	0	0	0	2
10	0	0	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	2	0	0
4	2	0	0	0	0	0	2
4	2	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0
4	2	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0
5	2	0	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0
8	2	0	0	0	2	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0
3	2	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	2
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	0	0	0
7	2	0	0	0	4	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
1	0	2	0	0	0	0	4
1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	2	0	0	2	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
5	0	2	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	2	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	2
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	2	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
374	48	8	0	0	44	0	22
430					44	0	22

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS, MOTOS y BICIS)

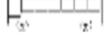
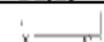
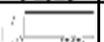
Calle CRS Turi - Agua Santa

ESTACIO E1 - I 1

INICIO 00H00

FECHA: sábado, 6 de mayo de 2023

FIN 24H00

Periodo de hora	LIVIANOS 	BUSES 	CAMIONES			Motos	Bicis	Peatones	Total
			2 EJES 	3 EJES 	TRAILER 				
00H00-01H00	15	0	0	0	0	2	0	0	17
01H00-02H00	18	0	0	0	0	4	0	0	22
02H00-03H00	12	0	0	0	0	2	0	0	14
03H00-04H00	7	0	0	0	0	2	0	0	9
04H00-05H00	8	0	0	0	0	2	0	2	10
05H00-06H00	10	0	2	0	0	2	0	0	14
06H00-07H00	18	0	2	0	0	0	0	2	20
07H00-08H00	18	4	0	0	0	4	0	0	26
08H00-09H00	22	4	0	0	0	0	0	0	26
09H00-10H00	20	4	0	0	0	2	0	2	26
10H00-11H00	22	4	0	0	0	2	0	0	28
11H00-12H00	29	4	0	0	0	0	0	2	33
12H00-13H00	13	4	0	0	0	2	0	2	19
13H00-14H00	21	4	0	0	0	2	0	0	27
14H00-15H00	17	4	0	0	0	2	0	2	23
15H00-16H00	25	4	0	0	0	2	0	0	31
16H00-17H00	14	4	0	0	0	2	0	2	20
17H00-18H00	15	4	0	0	0	2	0	0	21
18H00-19H00	22	4	0	0	0	4	0	2	30
19H00-20H00	7	0	4	0	0	2	0	4	13
20H00-21H00	14	0	0	0	0	2	0	0	16
21H00-22H00	10	0	0	0	0	0	0	2	10
22H00-23H00	10	0	0	0	0	2	0	0	12
23H00-24H00	7	0	0	0	0	0	0	0	7
TOTAL	374	48	8	0	0	44	0	22	474
%	78.90%	10.13%	1.69%	0.00%	0.00%	9.28%	0.00%		100.00%

Composicion incluyendo Motos

Livianos con 374 unidades que representa el 78.90 %

Buses con 48 unidades que representa el 10.13 %

Camiones con 56 unidades, donde estan incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 1.69 %

Motos con 44 unidades que representa el 9.28 %

RESUMEN DE GIROS (Vehiculos 00H00 - 24H00)

INTERSECCION: Calle CRS Turi -Agua Santa

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION: I1

O \ D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	0	207	0	223	430
E2	0	0	0	0	0
E3	0	0	0	0	0
E4	0	0	0	0	0
	0	207	0	223	430

RESUMEN DE GIROS (Vehiculos 00H00 - 24H00)

INTERSECCION: Calle CRS Turi -Agua Santa

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION: I1

O \ D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	0.00%	48.14%	0.00%	51.86%	100.00%
E2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
E3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
E4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Hora Pico

10H30 11H30

24 vehiculos

7 max Q15

56 posicion

dia	Hora	Volumen	Q15	VHD	FMV
sábado, 6 de mayo de 2023	10H30 11H30	24	7	28	0.8571

TABLA DE VALORES DE DISEÑO

Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD:	24
Vehículos/hora Q15 más alto del tráfico Q15max:	7
Vehículos Volumen horario de diseño VHD:	28
Vehículos/hora Factor de Hora Pico FHP:	0.8571

RESUMEN DIARIO DE CONTEO DE TRAFICO POR INTERSECCION (VEHICULOS)

Calle CRS Turi - Agua Santa

Estacion : Intersección

INICIO

6:00:00

FECHA: sábado, 6 de mayo de 2023

FIN

0:00:00

Periodo de hora	LIVIANOS					BUSES	CAMIONES			Motos	Bicis	Peatones	Total
							2 EJES	3 EJES	TRAILER				
													
00H00-01H00	15	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	15	
01H00-02H00	18	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	18	
02H00-03H00	12	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	12	
03H00-04H00	7	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	7	
04H00-05H00	8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	8	
05H00-06H00	10	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	12	
06H00-07H00	18	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	20	
07H00-08H00	18	4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	22	
08H00-09H00	22	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	
09H00-10H00	20	4	0	0	0	0	0	0	2	0	2	24	
10H00-11H00	22	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	26	
11H00-12H00	29	4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	33	
12H00-13H00	13	4	0	0	0	0	0	0	2	0	2	17	
13H00-14H00	21	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	25	
14H00-15H00	17	4	0	0	0	0	0	0	2	0	2	21	
15H00-16H00	25	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	29	
16H00-17H00	14	4	0	0	0	0	0	0	2	0	2	18	
17H00-18H00	15	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	19	
18H00-19H00	22	4	0	0	0	0	0	0	4	0	2	26	
19H00-20H00	7	0	0	4	0	4	0	0	2	0	4	11	
20H00-21H00	14	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	14	
21H00-22H00	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	10	
22H00-23H00	10	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	10	
23H00-24H00	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
TOTAL	374	48	8	0	0	0	0	0	44	0	22	430	
%	87.0%	11.2%	1.9%	0.0%	0.0%				10.2%	0.0%		100.00%	

Composicion incluyendo sin Motos

Livianos con 374 unidades que representa el 86.98 %

Buses con 48 unidades que representa el 11.16 %

Camiones con 8 unidades, donde estan incluidos los camiones 2E, 3E, 4E, 5E, 6E que representa el 1.86 %

TPDA

INTERSECCION:
ENCUESTADOR

Calle CRS Turi -Agua Santa
Luis Gustavo Jara Gómez

Hora Pico **10H30 11H30**
 24 **vehículos**
 7 **Max**

día	Hora	Volumen	Q15	VHD	FMV
sábado, 6 de mayo de 2023	10H30 11H30	24	7	28	0.8571

TABLA DE VALORES DE DISEÑO

Volumen Horario de Máxima Demanda VHMD:	24
Vehículos/hora Q15 más alto del tráfico Q15max:	7
Vehículos Volumen horario de diseño VHD:	28
Vehículos/hora Factor de Hora Pico FHP:	0.8571

RESUMEN DE GIROS (Vehículos 00H00 - 24H00)

INTERSECCION:

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION: I1

O D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	0	207	0	223	430
E2	0	0	0	0	0
E3	0	0	0	0	0
E4	0	0	0	0	0
	0	207	0	223	430

RESUMEN DE GIROS (Vehículos 00H00 - 24H00)

INTERSECCION:

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION: I1

O D	S1	S2	S3	S4	Total
E1	0.00%	48.14%	0.00%	51.86%	100.00%
E2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
E3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
E4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Cálculo de TPDA

$$TPDA_{2020} = To * Fh * Fd * Fs * Fm$$

To Tráfico observado en un periodo de horas de un día en particular.

Fh. Factor horario

Fd. Factor diario

Fs. Factor Semanal

Fm. Factor mensual

	No. dia	HP	conteo		Fh	F d	Fs	Fm	FTPDA
			Hora Pico	dia					
miércoles, 3 de mayo de 2023	dia 1	12H30 13H30	21	433	1.0184758	1.0000000	1.1071429	1.0945443	1.4732959
jueves, 4 de mayo de 2023	dia 2	12H30 13H30	22	438	1.0068493	1.0000000	1.1071429	1.0945443	2.1780857
viernes, 5 de mayo de 2023	dia 3	12H30 13H30	25	441	1.0000000	1.0000000	1.1071429	1.0945443	1.2558928
sábado, 6 de mayo de 2023	dia 4	10H30 11H30	24	430	1.0279070	1.0000000	1.1071429	1.0945443	1.2456350
domingo, 7 de mayo de 2023	dia 5	10H30 11H30	26	435	1.0160920	1.0000000	1.1071429	1.0945443	1.5199183
lunes, 8 de mayo de 2023	dia 6	12H15 13H15	22	440	1.0045455	1.0000000	1.1071429	1.0945443	1.8017848
martes, 9 de mayo de 2023	dia 7	12H15 13H00	21	442	1.0000000	1.0000000	1.1071429	1.0945443	1.2118169

INTERSECCION:

			Volumen	Q15	VHD	FMV
dia 1	miércoles, 3 de mayo de 2023	12H30 13H30	21	6	24	0.875
dia 2	jueves, 4 de mayo de 2023	12H30 13H30	22	5	20	1.100
dia 3	viernes, 5 de mayo de 2023	12H30 13H30	25	6	24	1.042
dia 4	sábado, 6 de mayo de 2023	10H30 11H30	24	7	28	0.857
dia 5	domingo, 7 de mayo de 2023	10H30 11H30	26	8	32	0.813
dia 6	lunes, 8 de mayo de 2023	12H15 13H15	22	6	24	0.917
dia 7	martes, 9 de mayo de 2023	12H15 13H00	21	5	20	1.050

Factor Horario en relacion al conteo de un día entero de 24 horas de conteo

	24	442
horas contadas en el mismo día	24	430

MAXIMO CONTEO DE UNA SEMANA

Fh 1.02790698

Factor diario si se cuentan los 7 días de la semana el Factor es 1
Numero de días contado **7**
Fd **1.00000000**

Factor semanal En función del número de semanas por mes, Y EN EL MES DE CONTEO **mayo** **2023**
Mayo

MES	No DIAS	No SEMANAS	Fs
Enero	31	4.428571429	1.107142857
Febrero	29	4.142857143	1.035714286
Marzo	31	4.428571429	1.107142857
Abril	30	4.285714286	1.071428571
Mayo	31	4.428571429	1.107142857
Junio	30	4.285714286	1.071428571
Julio	31	4.428571429	1.107142857
Agosto	31	4.428571429	1.107142857
Septiembre	30	4.285714286	1.071428571
Octubre	31	4.428571429	1.107142857
Noviembre	30	4.285714286	1.071428571
Diciembre	31	4.428571429	1.107142857
Total	366		

Fs = 1.10714286

Factor mensual En función del consumo de combustibles en la provincia de coneo

**CONSUMO DE COMBUSTIBLES PROVINCIA DEL AZUAY
2022**

MES	87 OCTANOS	92 OCTANOS	DIESEL PREMIUM	SUMA	FACTOR
Enero	5 041 034	426 907	3 821 603	9 289 543	1.059592
Febrero	4 880 836	433 298	3 541 383	8 855 516	1.111524
Marzo	5 355 979	453 869	3 841 103	9 650 951	1.019912
Abril	5 032 952	413 959	3 736 007	9 182 917	1.071895
Mayo	5 078 272	399 376	4 163 812	9 641 460	1.020916
Junio	5 196 709	387 913	4 223 877	9 808 499	1.003530
Julio	5 547 513	419 991	4 503 173	10 470 677	0.940066
Agosto	5 452 805	428 022	4 448 420	10 329 247	0.952937
Septiembre	5 349 559	389 638	4 417 146	10 156 342	0.969160
Octubre	5 258 978	392 703	4 126 129	9 777 810	1.006680
Noviembre	5 417 543	396 626	4 330 418	10 144 587	0.970283
Diciembre	5 907 968	444 561	4 457 393	10 809 921	0.910564

63 520 145 4 986 862 49 610 461 118 117 467
COSTO PROMEDIO MENSUAL 9 843 122

CALCULO DEL FACTOR DEL TPDA

$TPDA_{2020} = T_o * F_h * F_d * F_s * F_m$

$TPDA_{2022} = T_o \times 1.02790697674419 \times 1 \times 1.10714285714286 \times 1.09454426477272$

$TPDA_{2022} = T_o \times \mathbf{1.2456350}$

Resumen de trafico observado HORA PICO 10H30 11H30 56

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION:
E1 + E2 + E3 + E4

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	20	0	0	0	20
B	4	0	0	0	4
2E	0	0	0	0	0
3E	0	0	0	0	0
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	24	0	0	0	24

RESUMEN DE TRAFICO OBSERVADO EN LA INTERSECCION

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION:
E1 + E2 + E3 + E4

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	374	0	0	0	374
B	48	0	0	0	48
2E	8	0	0	0	8
3E	0	0	0	0	0
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	430	0	0	0	430

Correccion por factor del TPDA**10H30 11H30**

56

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION:

E1 + E2 + E3 + E4

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	25	0	0	0	25
B	5	0	0	0	5
2E	0	0	0	0	0
3E	0	0	0	0	0
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	30	0	0	0	30

CORRECCION DE TRAFICO OBSERVADO EN LA INTERSECCION

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION:

E1 + E2 + E3 + E4

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	466	0	0	0	466
B	60	0	0	0	60
2E	10	0	0	0	10
3E	0	0	0	0	0
4E - 6E	0	0	0	0	0
TOTAL	536	0	0	0	536

PROYECCION DE TRAFICO**PROYECCIONES DE VEHICULOS LIVIANOS SEGÚN EL MODELO LOGISTICO**

AÑO	POBLACION CUENCA	VEHICULOS LIVIANOS	Tm	Y=Ln(Ts/Tm -1)	Tm AJUSTADO	VEH. AJUSTADO. LIVIANOS
1969	183 862	1 935	10.52	2.87	17.08	3 141
1970	189 695	2 435	12.84	2.66	18.35	3 481
1971	195 528	3 173	16.23	2.41	19.70	3 853
1972	201 361	3 529	17.53	2.33	21.14	4 258
1973	207 194	3 921	18.92	2.24	22.68	4 698
1974	213 027	4 638	21.77	2.09	24.30	5 177
1975	220 782	5 710	25.86	1.89	26.03	5 747
1976	228 538	6 588	28.83	1.76	27.86	6 367

1977	236 293	8 106	34.30	1.56	29.79	7 040
1978	244 049	8 877	36.37	1.49	31.84	7 770
1979	251 804	11 193	44.45	1.23	33.99	8 560
1980	259 559	11 632	44.81	1.22	36.26	9 413
1981	267 315	12 070	45.15	1.21	38.65	10 332
1982	275 070	13 383	48.65	1.11	41.15	11 320
1983	282 065	14 695	52.10	1.02	43.77	12 347
1984	289 060	15 453	53.46	0.99	46.51	13 444
1985	296 054	16 113	54.43	0.96	49.36	14 614
1986	303 049	18 887	62.32	0.77	52.33	15 859
1987	310 044	18 847	60.79	0.81	55.41	17 179
1988	317 039	18 806	59.32	0.84	58.60	18 577
1989	324 033	23 028	71.07	0.57	61.88	20 053
1990	331 028	20 648	62.38	0.77	65.27	21 607
1991	338 901	22 202	65.51	0.70	68.75	23 299
1992	346 774	22 353	64.46	0.72	72.31	25 076
1993	354 647	22 504	63.45	0.74	75.95	26 935
1994	362 520	21 940	60.52	0.81	79.65	28 875
1995	370 393	25 658	69.27	0.61	83.41	30 895
1996	378 267	27 067	71.56	0.56	87.22	32 991
1997	386 140	30 957	80.17	0.38	91.06	35 160
1998	394 013	31 006	78.69	0.41	94.92	37 399
1999	401 886	35 703	88.84	0.20	98.79	39 702
2000	409 759	42 924	104.75	-0.13	102.66	42 067
2001	417 632	44 586	106.76	-0.17	106.52	44 487
2002	427 405	45 513	106.49	-0.16	110.36	47 167
2003	437 177	49 245	112.64	-0.29	114.16	49 906
2004	446 950	58 775	131.50	-0.70	117.91	52 698
2005	456 722	66 601	145.82	-1.05	121.60	55 538
2006	466 495	74 657	160.04	-1.47	125.23	58 418
2007	476 268	67 353	141.42	-0.93	128.78	61 332
2008	486 040	74 846	153.99	-1.28	132.24	64 275
2009	495 813	68 302	137.76	-0.84	135.61	67 239
2010	505 585	73 703	145.78	-1.05	138.89	70 220
2011	517 085	79 424	153.60	-1.26	142.06	73 457
2012	528 585	83 675	158.30	-1.41	145.12	76 709
2013	540 085	84 929	157.25	-1.38	148.07	79 971
2014	551 585	84 644	153.46	-1.26	150.91	83 238

2015	563 085	89 864	159.59	-1.45	153.63	86 505
2016	574 585	85 961	149.61	-1.15	156.23	89 767
2017	586 085	86 966	148.38	-1.12	158.71	93 020
2018	597 585	92 906	155.47	-1.32	161.08	96 261
2019	609 085	93 825	154.04	-1.28	163.34	99 486
2020	620 585	94 125	151.67	-1.21	165.48	102 692
2021	632 085	95 632	151.30	-1.20	167.50	105 876
2022	643 585	99 890	155.21	-1.31	169.42	109 038
2023	657 285				171.24	112 551
2024	664 627		a = 2.354		172.95	114 946
2025	671 231				174.56	117 170
2026	677 297		b = -0.079		176.08	119 257
2027	682 961				177.50	121 228
2028	688 328		r = 0.9713		178.84	123 103
2029	692 712				180.10	124 757
2030	699 262		r² = 0.94345814		181.28	126 759
2031	706 320				182.38	128 816
2032	714 174		Ts = 197		183.41	130 984
2033	722 877				184.37	133 276
2034	732 288		Y = a+bt		185.27	135 670
2035	742 292				186.11	138 145
2036	752 794		Y = 2.354 -0.079 t		186.89	140 689
2037	763 716				187.62	143 286
2038	774 993				188.30	145 928
2039	786 581				188.93	148 607
2040	798 432				189.51	151 315
2041	812 971				190.06	154 514
2042	825 571				190.57	157 328
2043	838 117				191.04	160 115
2044	851 150				191.48	162 977
2045	864 591				191.89	165 903
2046	878 385				192.26	168 881
2047	892 492				192.61	171 906
2048	906 867				192.94	174 970
2049	921 469				193.24	178 065
2050	936 268				193.52	181 186
2051	951 229				193.78	184 328
2052	967 536				194.02	187 720
2053	984 986				194.24	191 325

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2023-2028	1.81%	0.93%	0.93%
2028-2033	1.60%	0.98%	0.98%
2033-2038	1.83%	1.40%	1.40%
2038-2043	1.87%	1.58%	1.58%
2043-2048	1.79%	1.59%	1.59%
2048-2053	1.80%	1.67%	1.67%

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2022-2023	3.22%	2.13%	2.13%
2023-2024	2.13%	1.12%	1.12%
2024-2025	1.94%	0.99%	0.99%
2025-2026	1.78%	0.90%	0.90%
2026-2027	1.65%	0.84%	0.84%
2027-2028	1.55%	0.79%	0.79%
2028-2029	1.34%	0.64%	0.64%
2029-2030	1.61%	0.95%	0.95%
2030-2031	1.62%	1.01%	1.01%
2031-2032	1.68%	1.11%	1.11%
2032-2033	1.75%	1.22%	1.22%
2033-2034	1.80%	1.30%	1.30%
2034-2035	1.82%	1.37%	1.37%
2035-2036	1.84%	1.41%	1.41%
2036-2037	1.85%	1.45%	1.45%
2037-2038	1.84%	1.48%	1.48%
2038-2039	1.84%	1.50%	1.50%
2039-2040	1.82%	1.51%	1.51%
2040-2041	2.11%	1.82%	1.82%
2041-2042	1.82%	1.55%	1.55%
2042-2043	1.77%	1.52%	1.52%
2043-2044	1.79%	1.56%	1.56%
2044-2045	1.79%	1.58%	1.58%
2045-2046	1.80%	1.60%	1.60%
2046-2047	1.79%	1.61%	1.61%
2047-2048	1.78%	1.61%	1.61%
2048-2049	1.77%	1.61%	1.61%
2049-2050	1.75%	1.61%	1.61%
2050-2051	1.73%	1.60%	1.60%
2051-2052	1.84%	1.71%	1.71%
2052-2053	1.92%	1.80%	1.80%

Proyección Intersección

RESUMEN TRAFICO OBSERVADO

Intersección: Calle CRS Turi -Agua Santa

ESTACION: E1 + E2 + E3 + E4

sábado, 6 de mayo de 2023

INTERSECCION: I1

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	374	0	0	0	374
B	48	0	0	0	48
2E	8	0	0	0	8
3E	0	0	0	0	0
4E-6E	0	0	0	0	0
TOTAL	430	0	0	0	430

86.98%
11.16%
1.86%
100.00%

FACTOR TPDA

1.245635

CORRECCION DE TRAFICO OBSERVADO EN LA INTERSECCION

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	466	0	0	0	466
B	60	0	0	0	60
2E	10	0	0	0	10
3E	0	0	0	0	0
4E-6E	0	0	0	0	0
TOTAL	536	0	0	0	536

86.98%
11.16%
1.86%
100.00%

0 5 10 15 20 25 30
 2023 2028 2033 2038 2043 2048 2053

ESTACION	VEHICULOS	TPDA 2023	TPDA 2028	TPDA 2033	TPDA 2038	TPDA 2043	TPDA 2048	TPDA 2053
E1	L	466	510	552	604	663	724	791
	B	60	63	66	70	76	82	89
	E2	10	10	11	12	13	14	15
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	536	583	628	686	752	820	896
E2	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0						
E3	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0						
E4	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0

	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0						
TOTAL	L	466	510	552	604	663	724	791
	B	60	63	66	70	76	82	89
	E2	10	10	11	12	13	14	15
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	536	583	628	686	752	820	896

RESUMEN TRAFICO OBSERVADO HORA PICO (10H30 11H30 Vehiculos)

INTERSECCION: Calle CRS Turi -Agua Santa ESTACION: E1 + E2 + E3 + E4
sábado, 6 de mayo de 2023 INTERSECCION: I1

	E1	E2	E3	E4	SUMA
L	20	0	0	0	20
B	4	0	0	0	4
2E	0	0	0	0	0
3E	0	0	0	0	0
4E-6E	0	0	0	0	0
TOTAL	24	0	0	0	24

83.33%
16.67%
0.00%
100.00%

FACTOR TPDA **1.245635**

Correccion por factor del TPDA

	E1	E2	E3	E4	SUMA	
L	25	0	0	0	25	83.33%
B	5	0	0	0	5	16.67%
2E	0	0	0	0	0	
3E	0	0	0	0	0	0.00%
4E-6E	0	0	0	0	0	
TOTAL	30	0	0	0	30	100.00%

0 5 10 15 20 25 30
 2023 2028 2033 2038 2043 2048 2053

ESTACION	VEHICULOS	TPDA 2023	TPDA 2028	TPDA 2033	TPDA 2038	TPDA 2043	TPDA 2048	TPDA 2053
E1	L	25	27	30	32	35	39	42
	B	5	5	5	6	6	7	7
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	30	32	35	38	42	46	50
E2	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0

	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0						
E3	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0						
E4	L	0	0	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	0
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	0						
TOTAL	L	25	27	30	32	35	39	42
	B	5	5	5	6	6	7	7
	E2	0	0	0	0	0	0	0
	E3	0	0	0	0	0	0	0
	E4 - E6	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	30	32	35	38	42	46	50

ESALS

LIV	BUS	CAMION					Moto	Bici	Total
		2E	3E	TRAILER					
				4E	5E	6E			
		2DA	2DB	60%	30%	10%			
			3 - A	4 - C	2S2	2R3			
						3R3	3S2	3S3	

AÑO 2022		TOTAL	Porcentajes de Vehiculos
TPD TOTAL		536	
AUTOS		466	87.0%
BUSES		60	11.2%
CAMIONES		10	1.9%
37%	2DA	4	0.7%
63%	2DB	6	1.2%
	3 - A	0	0.0%
0%	4 - C	0	0.0%
100%	2S2	0	0.0%
67%	2R3	0	0.0%
33%	3S2	0	0.0%
8%	3R3	0	0.0%
92%	3S3	0	0.0%

Distribucion Camiones	
	58.1%
	100.0%
	0.0%

1.9%

FACTORES DE EQUIVALENTE DE CARGA POR TIPO DE VEHÍCULO

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM		FACTOR FEC
	tons	(P/6.6)^4	tons	(P/8.2)^4	tons	(P/15)^4	tons	(P/23)^4	
BUS	4	0.13	9	1.45					1.59
2DA	3	0.04	7	0.53					0.57
2DB	7	1.27	11	3.24					4.50
3A	7	1.27			20	3.16			4.43
4C	7	1.27				0.00	24	1.19	2.45
2S2	7	1.27	11	3.24	20	3.16			7.66
2R3	7	1.27	11	3.24	20	3.16			10.90
			11	3.24					
3S2	7	1.27			20	3.16			7.59
					20	3.16			
3R3	7	1.27	11	3.24	20	3.16			10.82
					20	3.16			
3S3	7	1.27			20	3.16	24	1.19	5.61

Vehículo	Factor FEC	Porcentaje	
AUTOS	0.00	87.0%	
BUSES	1.59	11.2%	Distribución Camiones
CAMIONES			
2DA	0.57		58.1%
2DB	4.50		100.0%
3 - A	4.43		0.0%
4 - C	2.45		0.0%
2S2	7.66		0.0%
2R3	10.90		0.0%
3S2	7.59		0.0%
3R3	10.82		0.0%
3S3	5.61		0.0%

FACTOR DE CARRIL		
Num Carriles	Factor de carril	rango
1	1.00	1
2	0.80	0,8 - 1,00
3	0.70	0,60 - 0,80
4	0.60	0,50 - 0,75

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2022-2027	3.37%	2.25%	2.25%
2027-2032	3.05%	2.25%	2.25%
2032-2037	2.82%	2.25%	2.25%
2037-2042	2.39%	2.00%	2.00%

TASAS DE CRECIMIENTO VEHICULAR / CUENCA			
PERIODO	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
2022-2027	3.37%	0.00%	2.25%
2027-2032	3.05%	0.00%	2.25%
2032-2037	2.82%	0.00%	2.25%
2037-2042	2.39%	0.00%	2.00%

CÁLCULO DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8.2 TONS

CÁLCULO AV ESPAÑA

AÑO	% Crecimiento				TRANSITO PROMEDIO DIARIO					CAMIONES								W ₁₈	W ₁₈	
	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	TPD TOTAL	AUTOS	BUSES	CAMION LIVIANO	CAMION PESADO	2DA	2DB	3 - A	4 - C	2S2	2R3	3S2	3R3	3S3	Acumulado	Carril Diseño
2022	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%	536	466	60	4	6	4	6	0	0	0	0	0	0	0	45 744	18 298
2023	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%	552	482	60	4	6	4	6	0	0	0	0	0	0	0	91 004	36 402
2024	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%	568	498	60	4	7	4	6	0	0	0	0	0	0	0	136 283	54 513
2025	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%	585	515	60	4	7	4	6	0	0	0	0	0	0	0	181 579	72 632
2026	3.37%	0.00%	2.25%	2.25%	603	532	60	4	7	4	6	0	0	0	0	0	0	0	226 894	90 758
2027	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%	619	548	60	4	7	4	7	0	0	0	0	0	0	0	273 871	109 549
2028	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%	636	565	60	4	7	4	7	0	0	0	0	0	0	0	320 868	128 347
2029	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%	653	582	60	4	7	4	7	0	0	0	0	0	0	0	367 885	147 154
2030	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%	671	600	60	4	8	4	7	0	0	0	0	0	0	0	414 922	165 969
2031	3.05%	0.00%	2.25%	2.25%	690	618	60	4	8	4	7	0	0	0	0	0	0	0	461 979	184 792
2032	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%	708	635	60	5	8	5	7	0	0	0	0	0	0	0	509 058	203 623
2033	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%	726	653	60	5	8	5	8	0	0	0	0	0	0	0	557 802	223 121
2034	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%	745	672	60	5	8	5	8	0	0	0	0	0	0	0	606 568	242 627
2035	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%	764	691	60	5	8	5	8	0	0	0	0	0	0	0	655 356	262 143
2036	2.82%	0.00%	2.25%	2.25%	784	710	60	5	9	5	8	0	0	0	0	0	0	0	704 168	281 667
2037	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%	801	727	60	5	9	5	8	0	0	0	0	0	0	0	753 001	301 200
2038	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%	818	744	60	5	9	5	8	0	0	0	0	0	0	0	801 855	320 742
2039	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%	836	762	60	5	9	5	9	0	0	0	0	0	0	0	852 374	340 950
2040	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%	855	780	60	5	9	5	9	0	0	0	0	0	0	0	902 916	361 166
2041	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%	874	799	60	6	10	6	9	0	0	0	0	0	0	0	953 480	381 392
2042	2.39%	0.00%	2.00%	2.00%	893	818	60	6	10	6	9	0	0	0	0	0	0	0	1 004 068	401 627

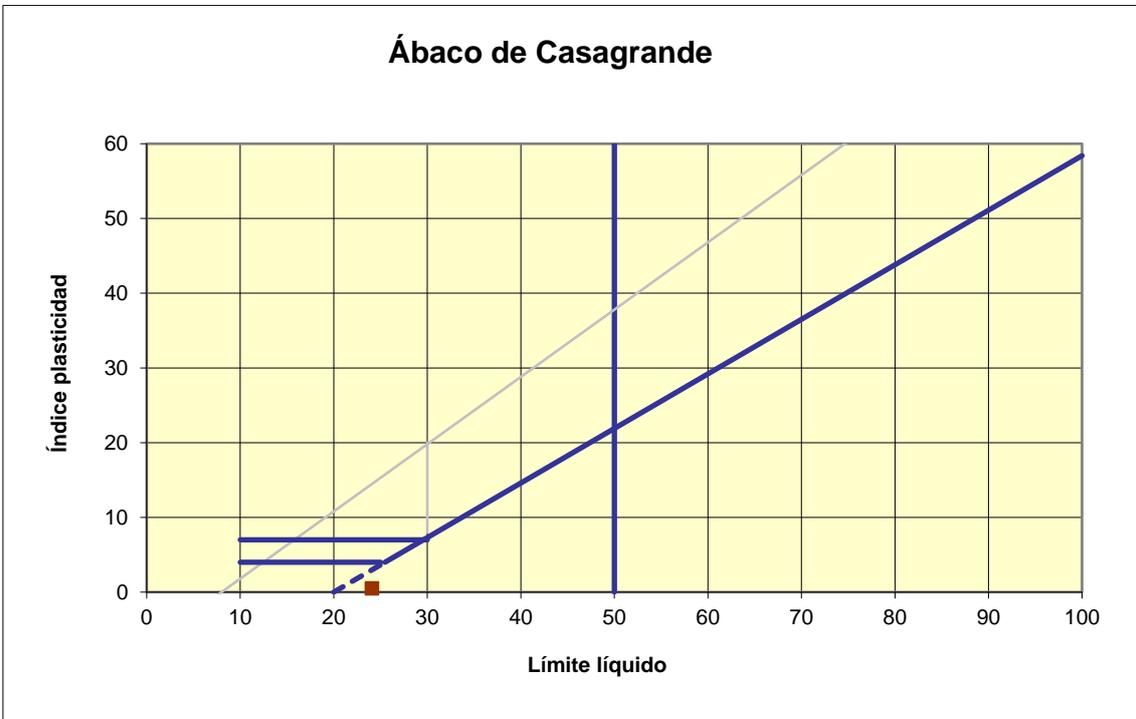
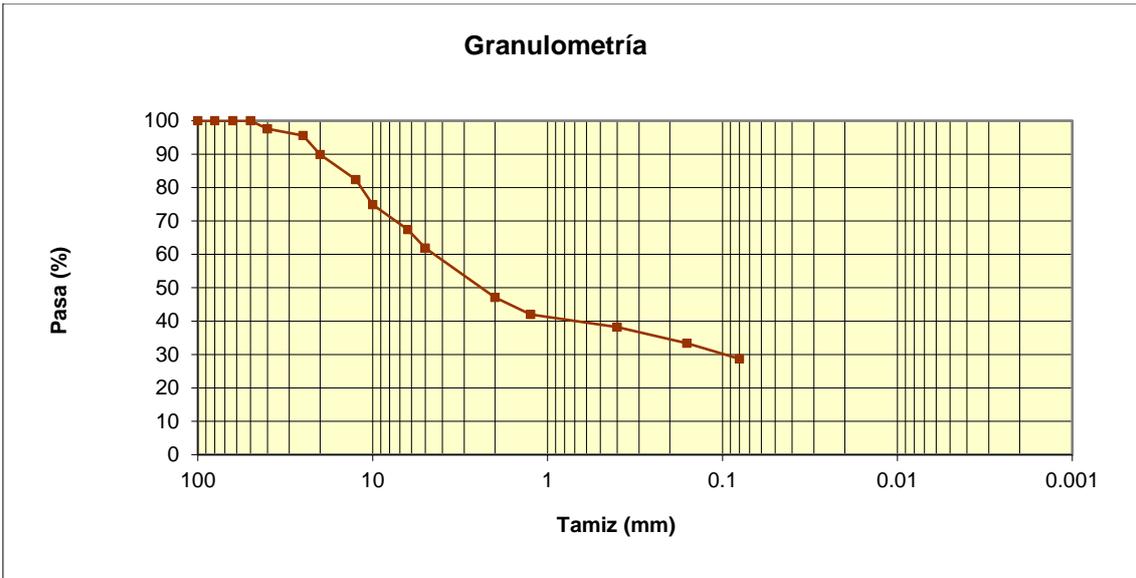
CLASIFICACIÓN DE SUELOS CALICATAS CRS - TURI

CALICATA 3

Tamiz	Pasa	Pasante	Retenido	Retenido
(mm)	(%)	(%)	acumulado (%)	parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	99.65	99.65	0.35	0.35
40	99.23	99.23	0.77	0.42
25	99.10	99.10	0.90	0.13
20	94.56	94.56	5.44	4.54
12.5	85.21	85.21	14.79	9.35
10	71.23	71.23	28.77	13.98
6.3	65.23	65.23	34.77	6.00
5	61.40	61.40	38.60	3.83
2	50.23	50.23	49.77	11.17
1.25	39.63	39.63	60.37	10.60
0.4	26.30	26.30	73.70	13.33
0.160	14.58	14.58	85.42	11.72
0.080	11.54	9.00	91.00	5.58

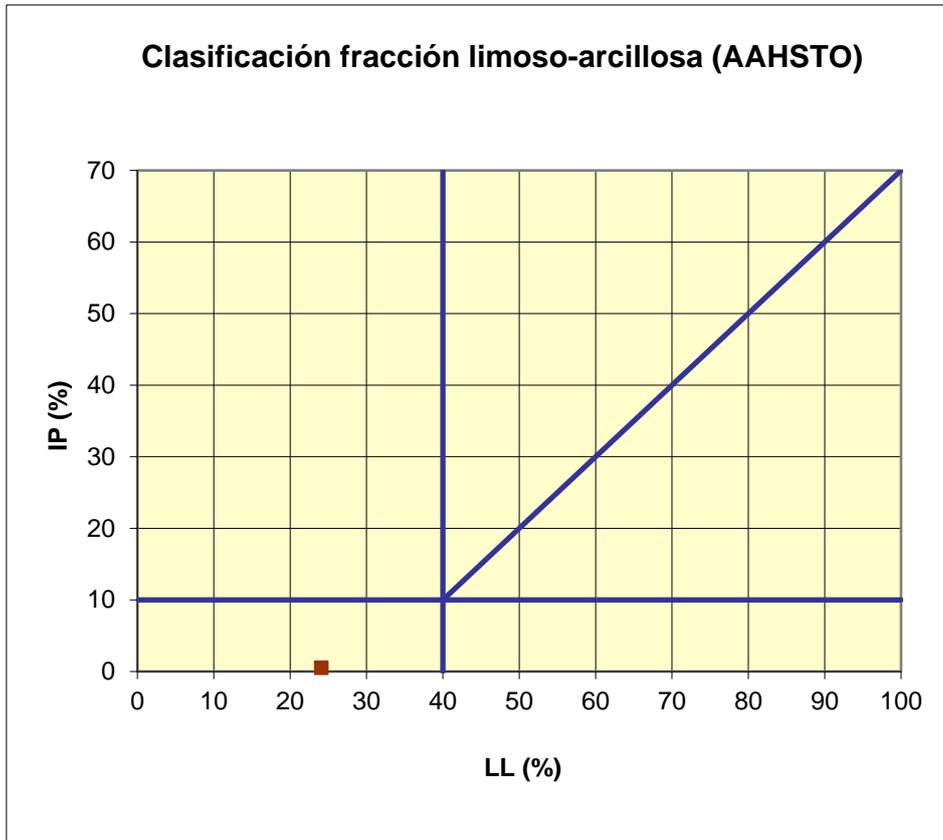
Límite líquido LL	36.52	%
Límite plástico LP	52.32	%
Índice plasticidad IP	12.00	%

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	61.40 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	9.00 %
D60:	4.62 mm
D30:	0.64 mm
D10 (diámetro efectivo):	0.09 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	49.02
Grado de curvatura (Cc):	0.93



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).
Arena mal graduada con limo con grava SP SM

Clasificación AAHSTO



Material granular

Excelente a bueno como subgrado

A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa

0

Valor del índice de grupo (IG):

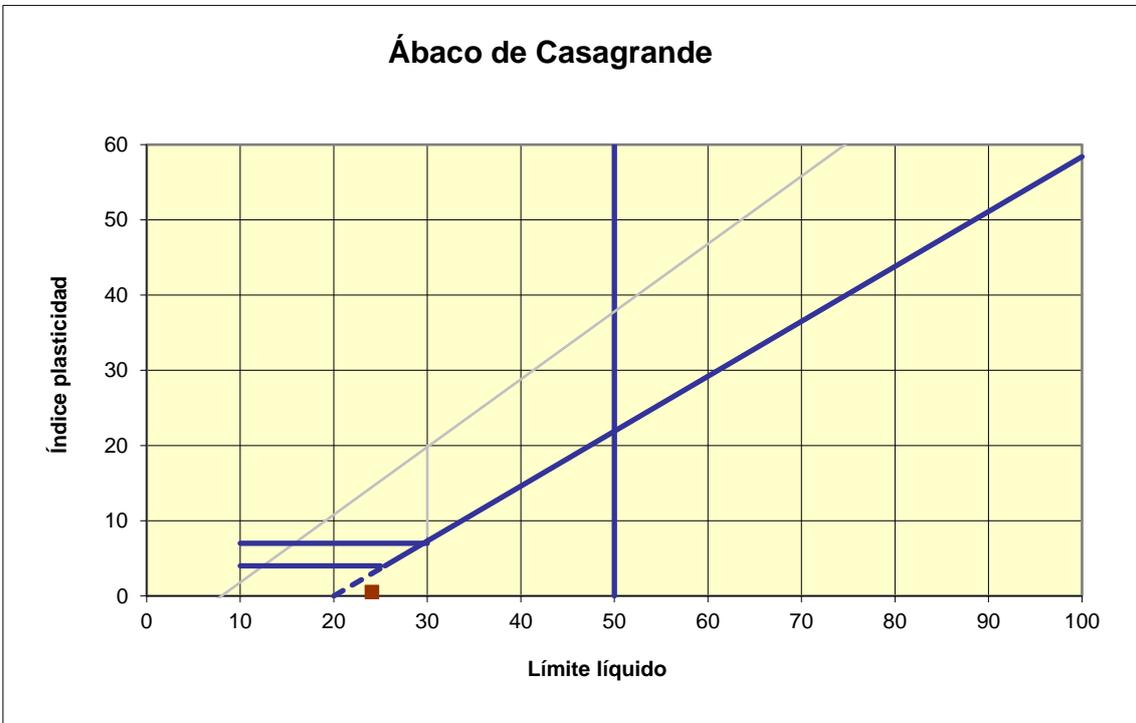
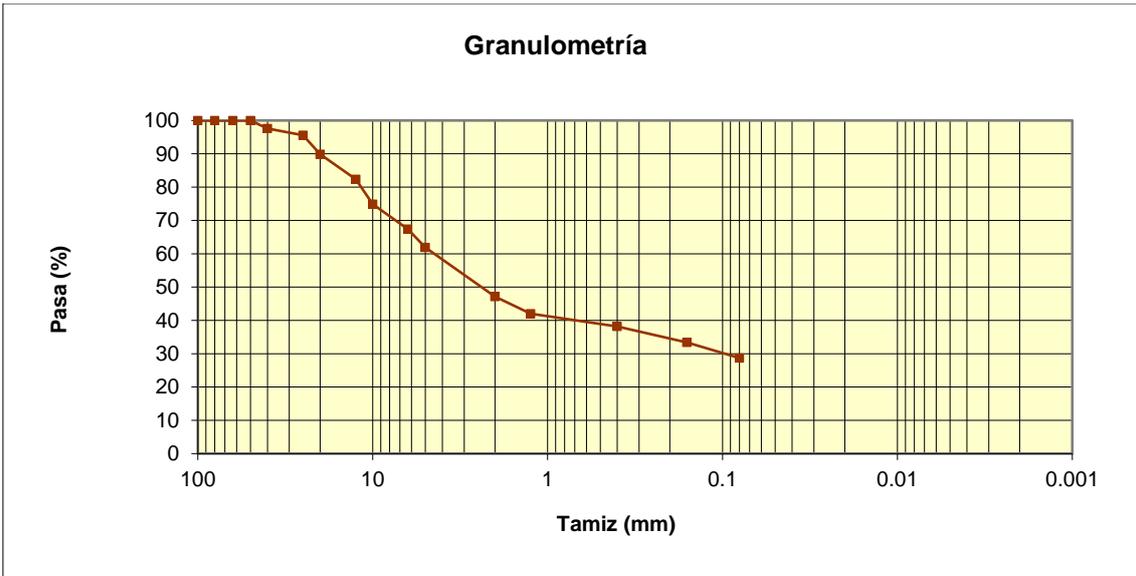
0

CALICATA 2

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	95.23	95.23	4.77	4.77
20	80.60	80.60	19.40	14.63
12.5	50.32	50.32	49.68	30.28
10	38.55	38.55	61.45	11.77
6.3	37.25	37.25	62.75	1.30
5	36.54	36.54	63.46	0.71
2	33.26	33.26	66.74	3.28
1.25	29.83	29.83	70.17	3.43
0.4	25.87	25.87	74.13	3.96
0.160	21.31	21.31	78.69	4.56
0.080	7.91	7.91	92.09	13.40

Límite líquido LL	16.00	%
Límite plástico LP	18.00	%
Índice plasticidad IP	35.00	%

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	36.54	%
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	7.91	%
D60:	14.90	mm
D30:	1.29	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.09	mm
Coficiente de uniformidad (Cu):	161.09	
Grado de curvatura (Cc):	1.20	

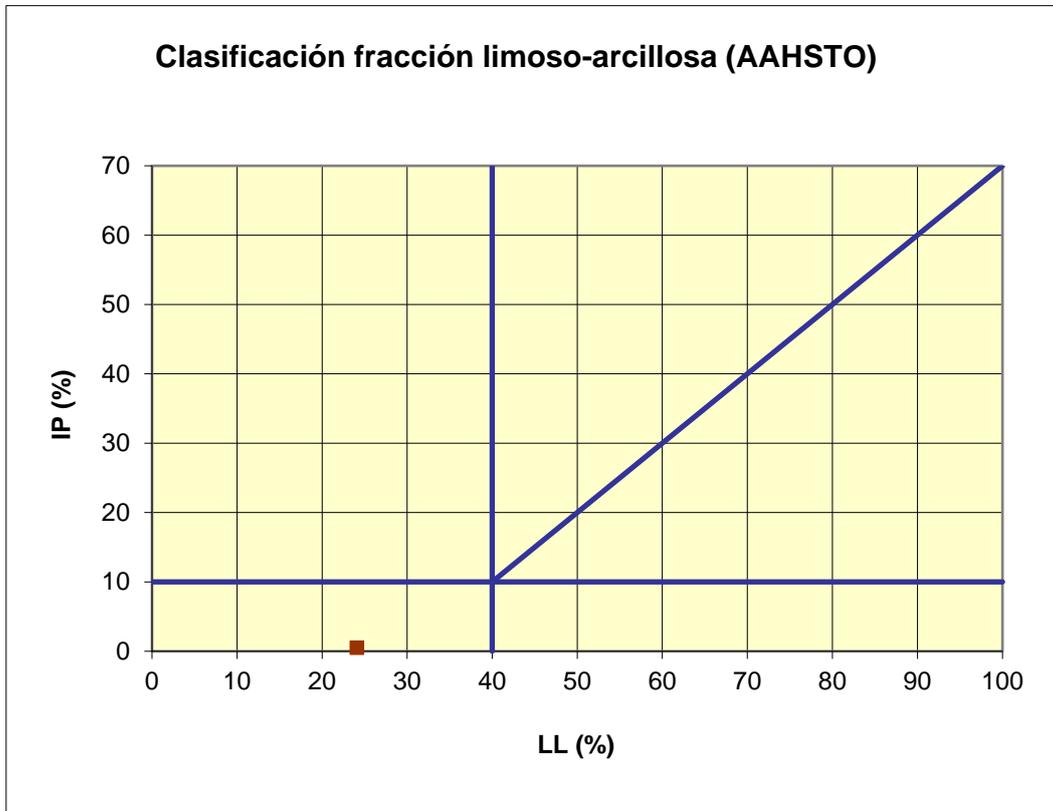


Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. (Nomenclatura con símbolo doble).

Grava bien graduada con arcilla con arena GW GC

Clasificación AAHSTO



Material granular

Excelente a bueno como subgrado

A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa

-2

Valor del índice de grupo (IG):

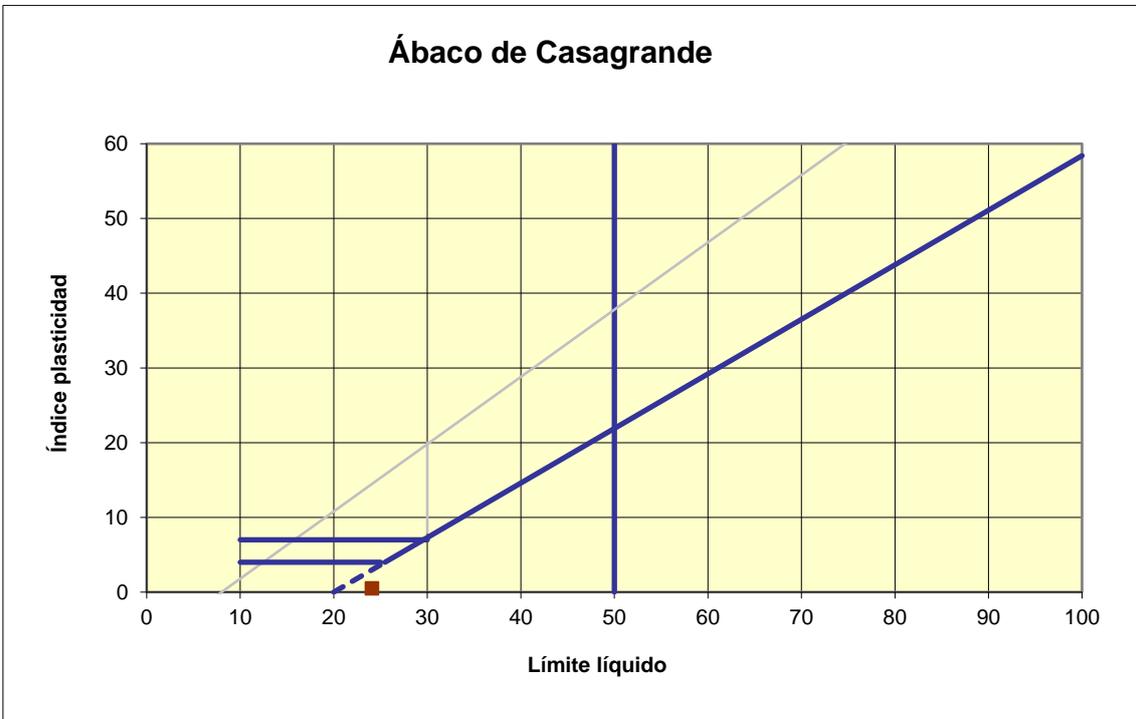
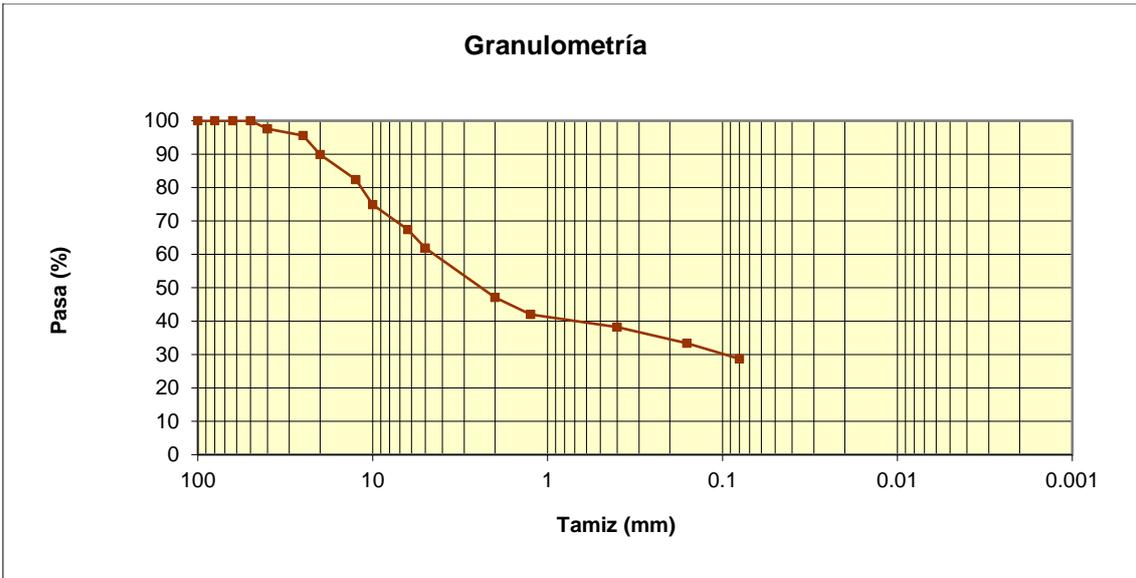
0

CALICATA 1

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	95.23	95.23	4.77	4.77
20	85.21	85.21	14.79	10.02
12.5	60.34	60.34	39.66	24.87
10	25.30	25.30	74.70	35.04
6.3	23.65	23.65	76.35	1.65
5	22.96	22.96	77.04	0.69
2	18.56	18.56	81.44	4.40
1.25	17.34	17.34	82.66	1.22
0.4	12.47	12.47	87.53	4.87
0.160	7.24	7.24	92.76	5.23
0.080	1.42	1.42	98.58	5.82

Límite líquido LL	12.86	%
Límite plástico LP	25.42	%
Índice plasticidad IP	12.00	%

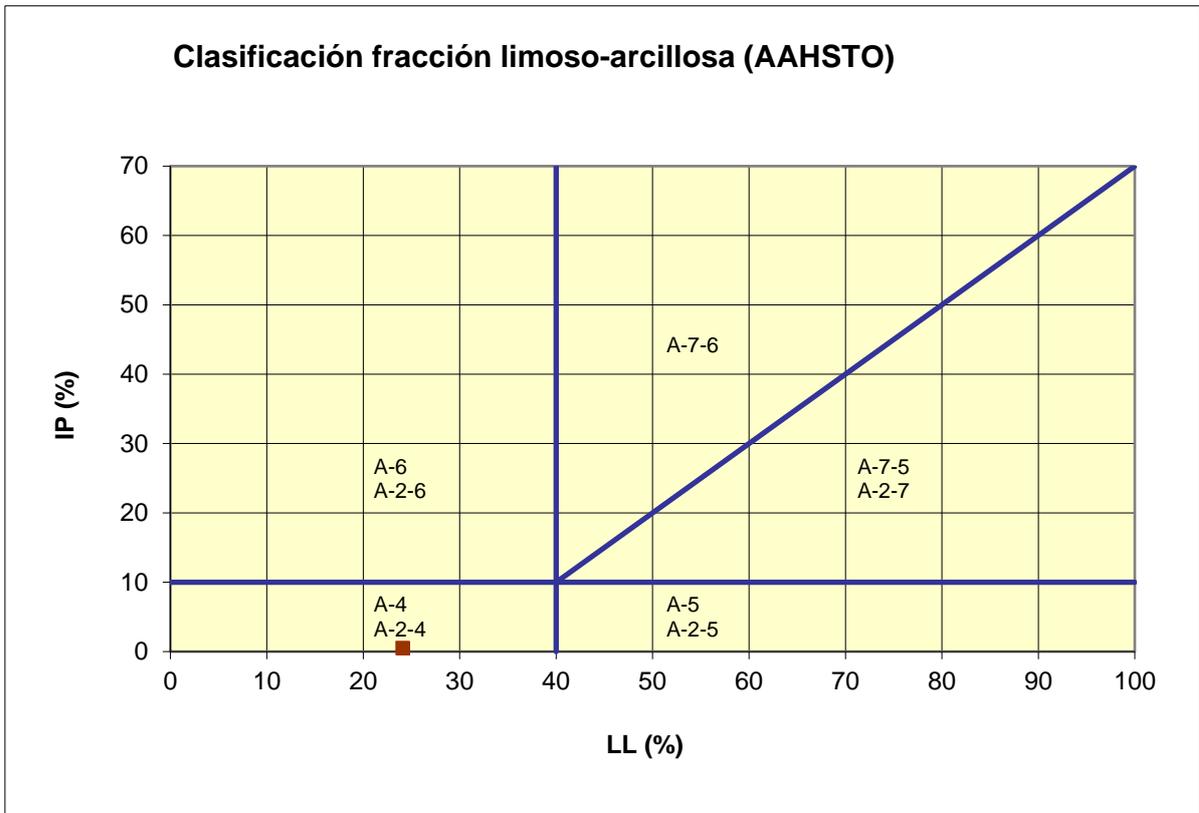
Pasa tamiz N° 4 (5mm):	22.96	%
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	1.42	%
D60:	12.48	mm
D30:	10.34	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.29	mm
Coficiente de uniformidad (Cu):	43.52	
Grado de curvatura (Cc):	29.87	



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio.
Grava mal graduada con arena GP

Clasificación AAHSTO



Material granular

Excelente a bueno como subgrado

A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa

0

Valor del índice de grupo (IG):

0

ANEXO

SISTEMAS

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "S.U.S.C.S."						
DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas límpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% - >GW,GP,SW,SP. >12% - >GM,GC,SM,SC. 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu= $D_{60}/D_{10}>4$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10}xD_{60}$ entre 1 y 3
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.
			GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GC		Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.
	SW			Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos		Cu= $D_{60}/D_{10}>6$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10}xD_{60}$ entre 1 y 3
	Arenas límpias (pocos o sin finos)		SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
			Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM		Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.		
SUELOS DE GRANO FINO Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limos y arcillas: Límite líquido menor de 50		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos límpios, arenas finas, limosas o	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.	
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas		
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja		
			Limos y arcillas: Límite líquido mayor de 50			MH
			CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos		
	Suelos muy orgánicos			PT		Turba y otros suelos de alto contenido

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO											
Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7.5 A-7.6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa:											
N° 10 (2mm)	50 máx	-	-								
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín								
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx			35 máx				36 mín	
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	-	-		40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

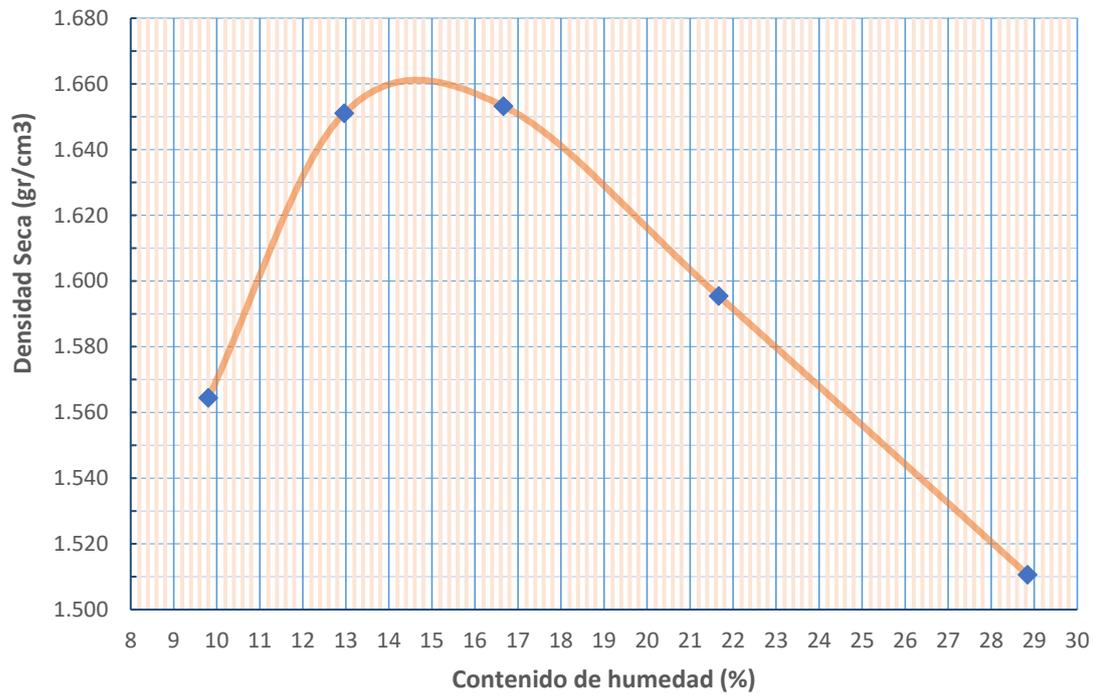
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

LUIS GUATAVO JARA GÓMEZ

PROCTOR MODIFICADO C1

VOLUMEN DEL MOLDE:		2105.00 cm^3				
PRUEBA N°		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	g	9020	9330	9464	9490	9501
Peso molde	g	5404	5404	5404	5404	5404
Peso suelo húmedo compactado	g	3616	3926	4060	4086	4097
Peso suelo húmedo + tara	g	73	79	95	90	84
Peso del suelo seco + tara	g	68	72	84	77	69
Tara	g	17	18	18	17	17
Peso del agua	g	5	7	11	13	15
Peso del suelo seco	g	51	54	66	60	52
Contenido de agua	%	9.80	12.96	16.67	21.67	28.85
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	1.72	1.87	1.93	1.94	1.95
Densidad suelo seco	g/cm ³	1.564	1.651	1.653	1.595	1.511
DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³)						1.661
HUMEDAD OPTIMA - OCH (%)						14.3

Proctor Modificado



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

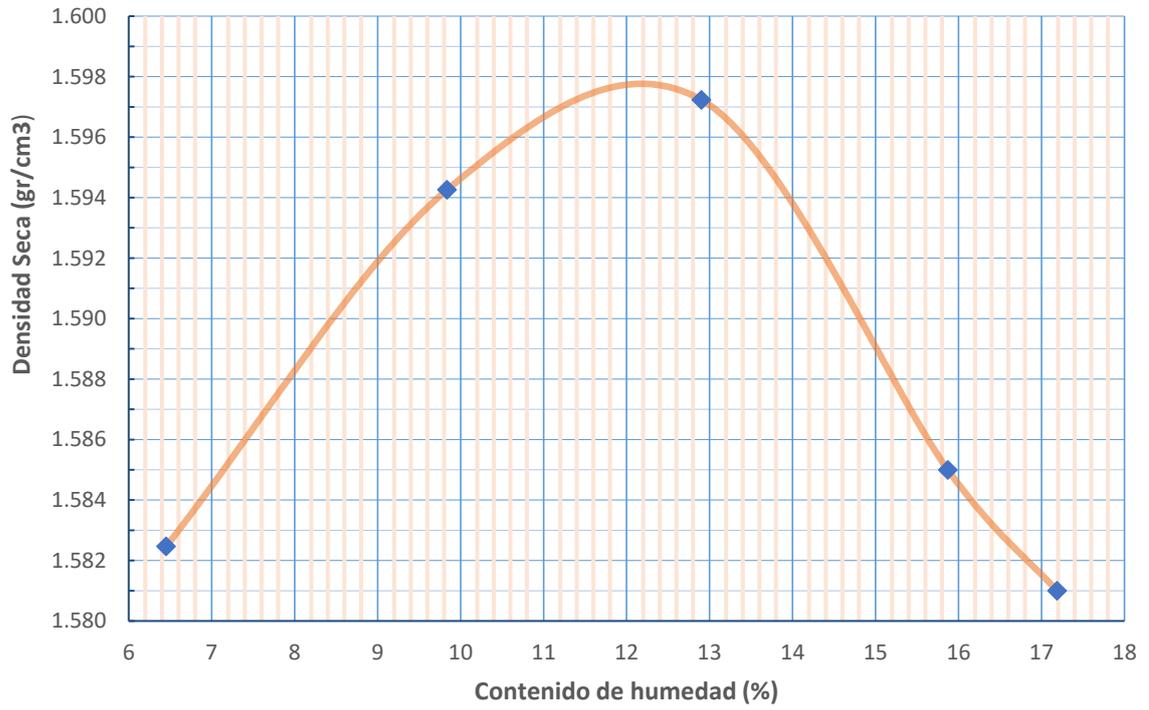
LUIS GUATAVO JARA GÓMEZ

PROCTOR MODIFICADO C2

cm³

VOLUMEN DEL MOLDE :		2105.00				
PRUEBA N°		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	g	8950	9090	9200	9270	9304
Peso molde	g	5404	5404	5404	5404	5404
Peso suelo húmedo compactado	g	3546	3686	3796	3866	3900
Peso suelo húmedo + tara	g	83	85	88	90	93
Peso del suelo seco + tara	g	79	79	80	80	82
Tara	g	17	18	18	17	18
Peso del agua	g	4	6	8	10	11
Peso del suelo seco	g	62	61	62	63	64
Contenido de agua	%	6.45	9.84	12.90	15.87	17.19
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	1.68	1.75	1.80	1.84	1.85
Densidad suelo seco	g/cm ³	1.582	1.594	1.597	1.585	1.581
DENSIDAD MAXIMA - MDS (gr/cm³)						1.598
HUMEDAD OPTIMA - OCH (%)						12.1

Proctor Modificado



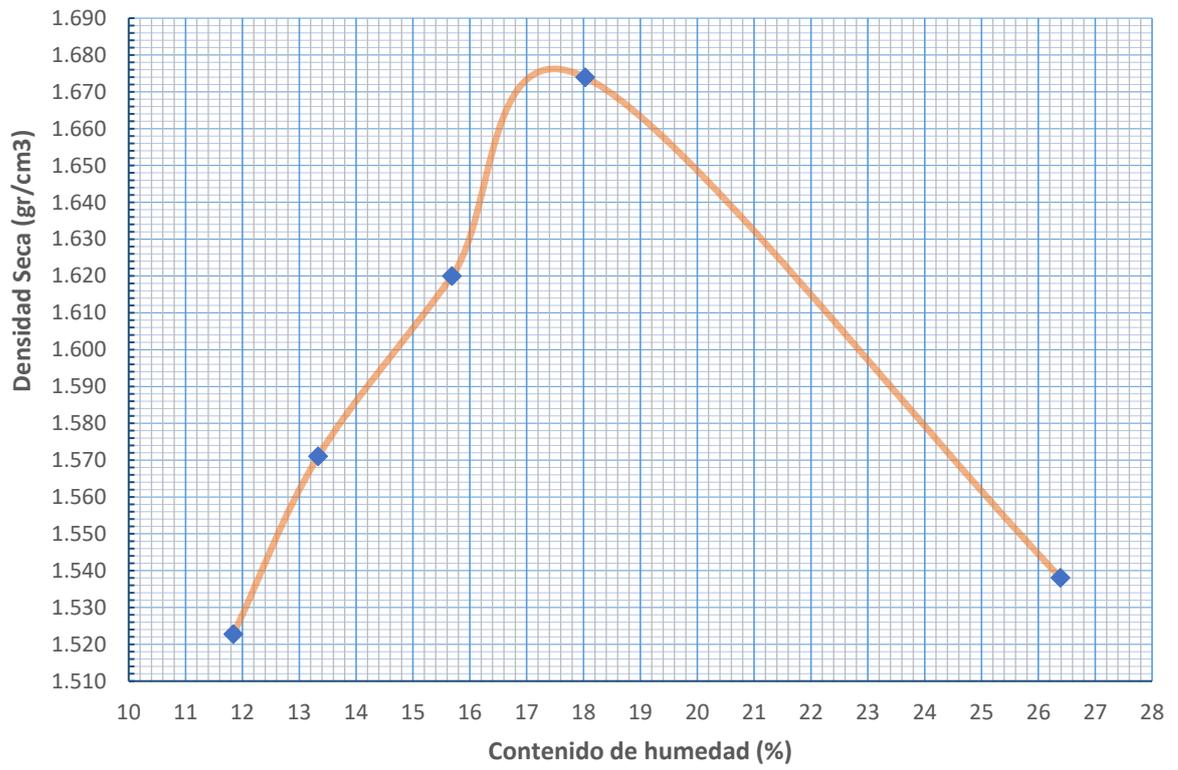
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

LUIS GUATAVO JARA GÓMEZ

PROCTOR MODIFICADO C3

VOLUMEN DEL MOLDE:		2105.00 <i>cm</i> ³				
PRUEBA N°		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	g	8995	9158	9355	9569	9502
Peso molde	g	5410	5410	5410	5410	5410
Peso suelo húmedo compactado	g	3585	3748	3945	4159	4092
Peso suelo húmedo + tara	g	102	69	77	89	108
Peso del suelo seco + tara	g	93	63	69	78	89
Tara	g	17	18	18	17	17
Peso del agua	g	9	6	8	11	19
Peso del suelo seco	g	76	45	51	61	72
Contenido de agua	%	11.84	13.33	15.69	18.03	26.39
Densidad suelo húmedo	g/cm ³	1.70	1.78	1.87	1.98	1.94
Densidad suelo seco	g/cm ³	1.523	1.571	1.620	1.674	1.538
DENSIDAD MAXIMA - MDS (g/cm³)						1.675
HUMEDAD OPTIMA - OCH (%)						17.5

Proctor Modificado



Datos:

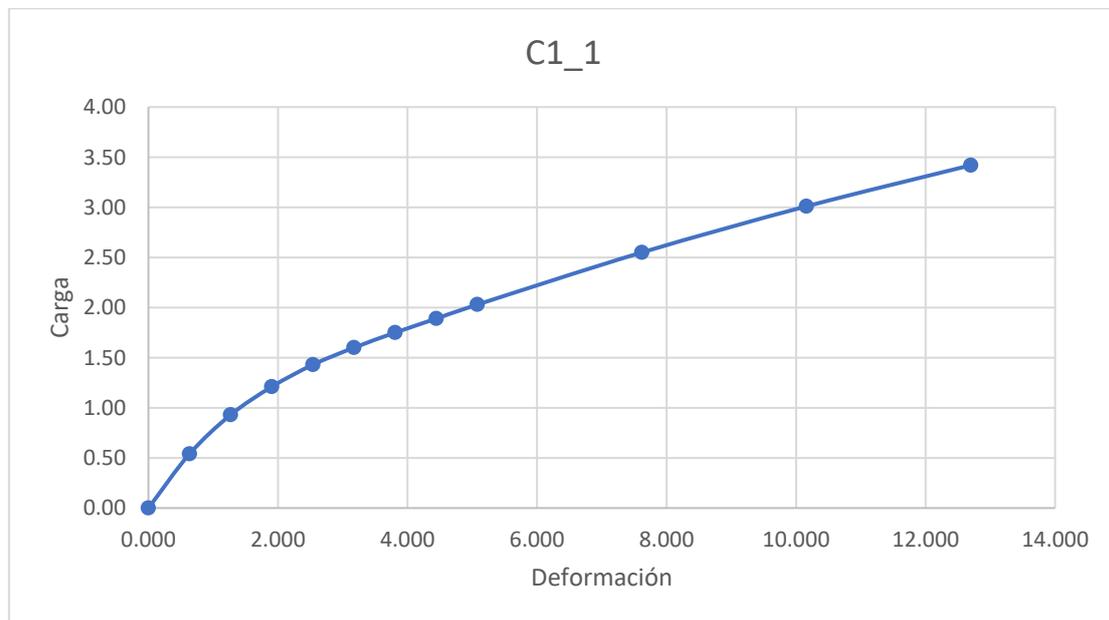
Peso	5700 g	
Diámetro del molde	6 in	0.1524
Altura del molde	5 in	0.127
Volumen del molde	0.00231667	
%humedad inicial	7.23 %	
Humedad óptima	14.3 %	
Requerido	7.07	
Peso agua	402.99 g	

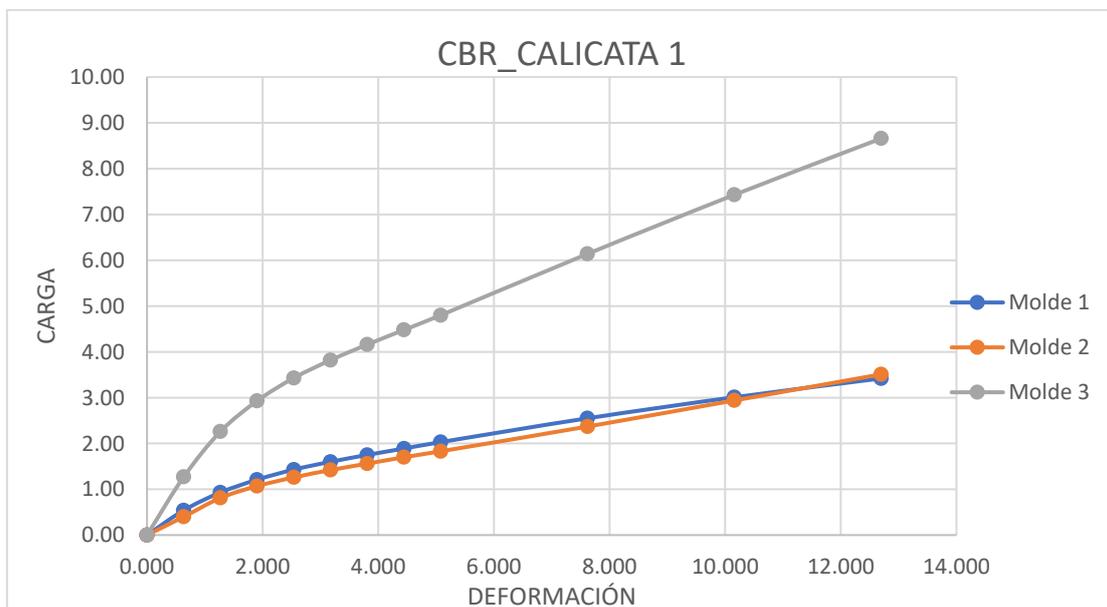
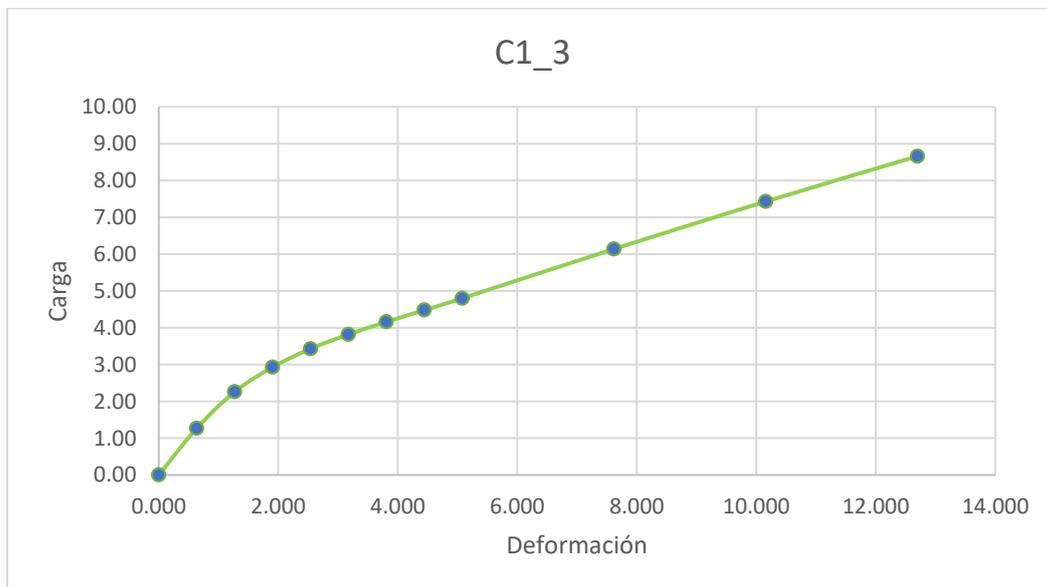
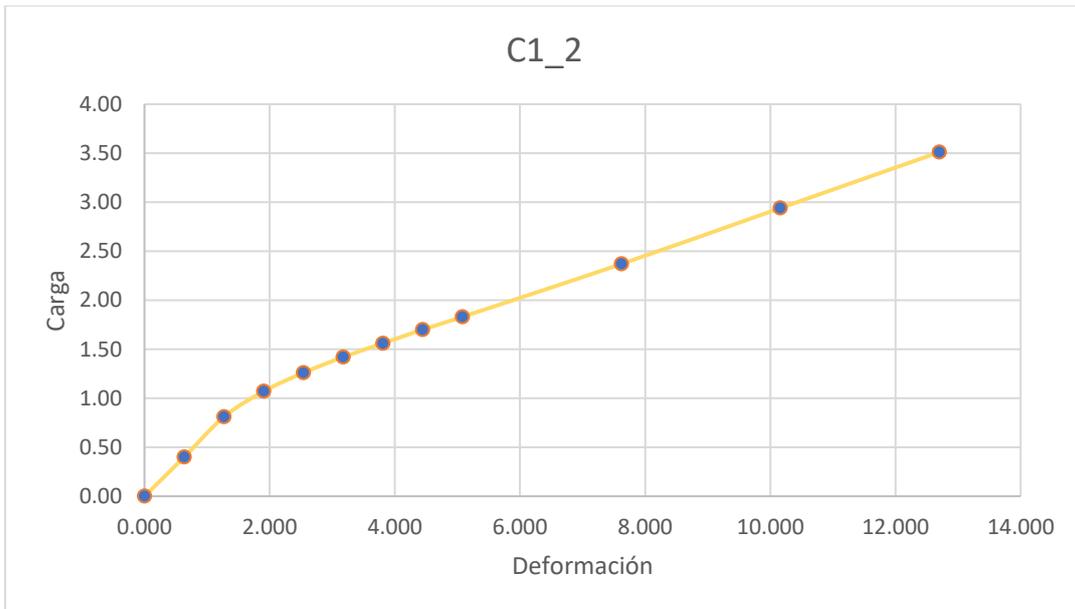
Muestra		C1_1	C1_2	C1_3
numero capas	-	5	5	5
Golpes	-	12	26	56
%H	-	14.3	14.3	14.3
Peso Humedo+molde	kg	10881	10965	11179 g
Peso molde	kg	6706	6700	6715
Peso suelo húmedo	kg	4175	4265	4464
Volumen molde	m3	0.00231667	0.0023167	0.0023167
Densidad húmeda		1802158.33	1841007.3	1926906.5
	kg/m3	1802.15833	1841.0073	1926.9065
Muestra	g	1	2	3
Peso lata	g	17	17	17
Peso lata + suelo húmedo	g	119	113	111
Peso lata + suelo seco	g	100	94	98
Peso del Agua	g	19	19	13
Peso del suelo seco	g	83	77	81
% Humedad		22.8915663	24.675325	16.049383
Densidad seca	kg/m3	1466.46217	1476.6412	1660.4195
CBR		4.7	5.25	12.48

CBR al 100% compactación	12.5
CBR al 98% compactación	11.2
CBR al 95% compactación	9.2

		Hinchamiento		
F. dial	0.0001			
L. Inicial	5	Molde		
Fecha		1	2	3
Marte 13 mayo		0.9	3.18	5.304
Sábado 17 mayo		1.12	3.748	5.817
% Hinchamiento		0.898	3.173	5.292

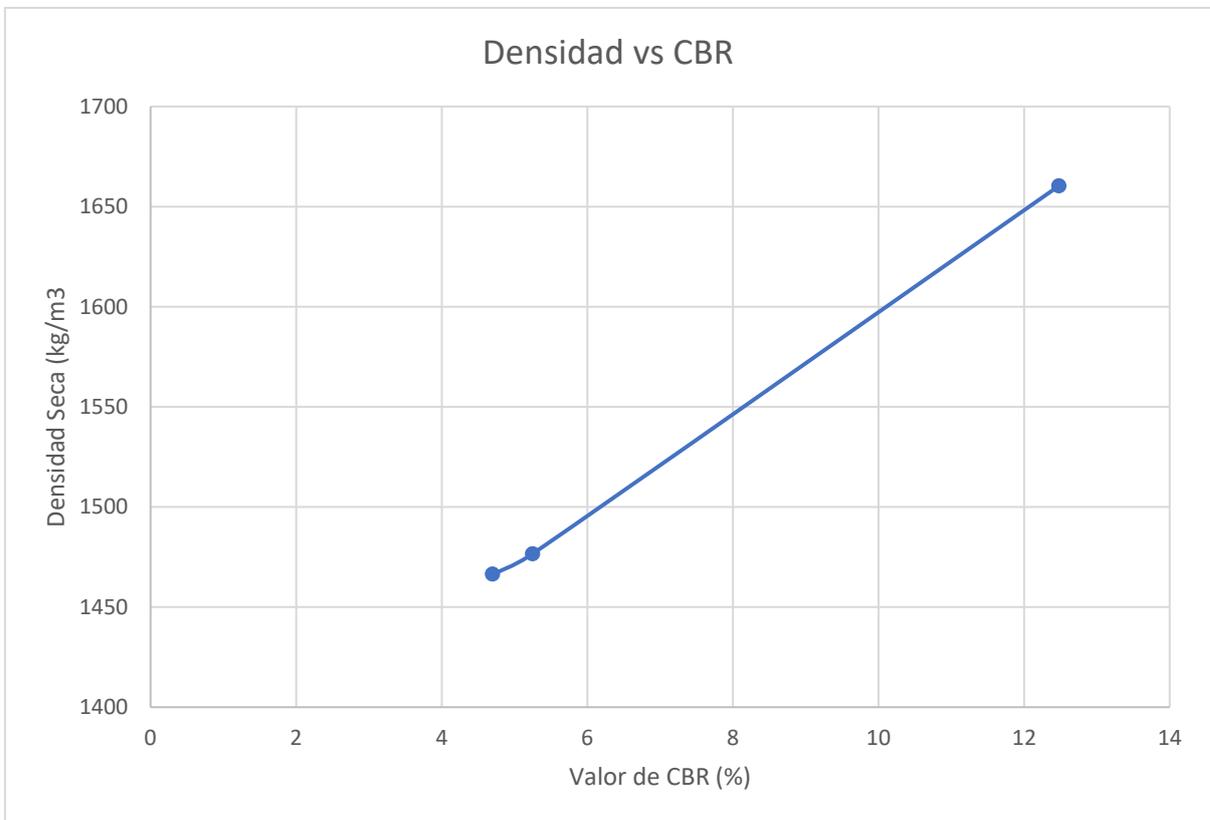
CBR					
MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (kN)	DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (kN)	DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (kN)
0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
0.635	0.54	0.635	0.40	0.635	1.27
1.270	0.93	1.270	0.81	1.270	2.26
1.905	1.21	1.905	1.07	1.905	2.93
2.540	1.43	2.540	1.26	2.540	3.43
3.175	1.60	3.175	1.42	3.175	3.82
3.810	1.75	3.810	1.56	3.810	4.16
4.446	1.89	4.445	1.70	4.445	4.48
5.080	2.03	5.081	1.83	5.080	4.80
7.620	2.55	7.621	2.37	7.620	6.14
10.160	3.01	10.160	2.94	10.160	7.43
12.700	3.42	12.700	3.51	12.700	8.66





CBR CORREGIDO							
		MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
DEFORMACIÓ N (mm)	CARGA ESTÁNDAR	CARGA	%	CARGA A	%	CARGA A	%
2.540	1.00	1.430	3.63	1.260	3.20	3.430	8.71
5.080	1.50	2.030	6.87	1.830	6.20	4.800	16.26
K	3	5.25	4.70	12.48			

CBR al 100% compactación 12.5
 CBR al 98% compactación 11.2
 CBR al 95% compactación 9.2



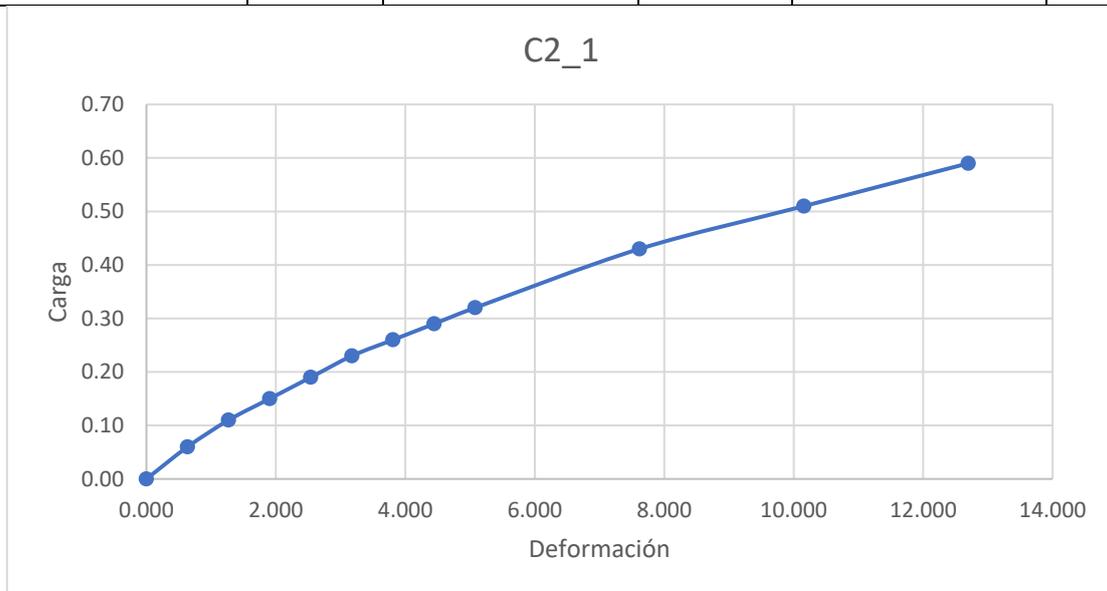
Datos:

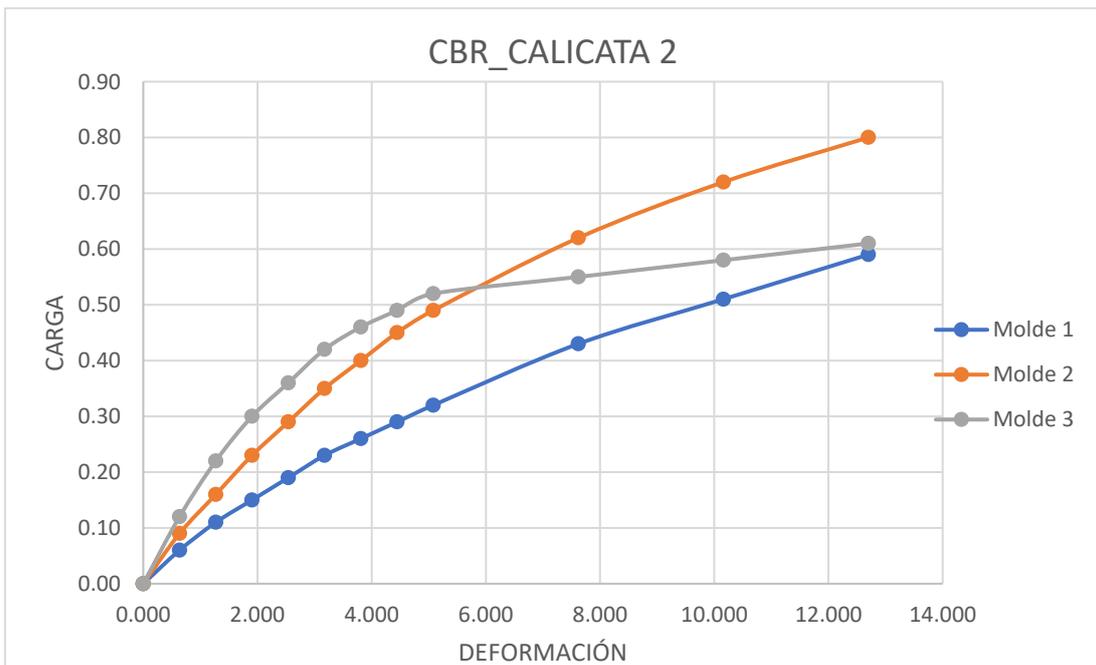
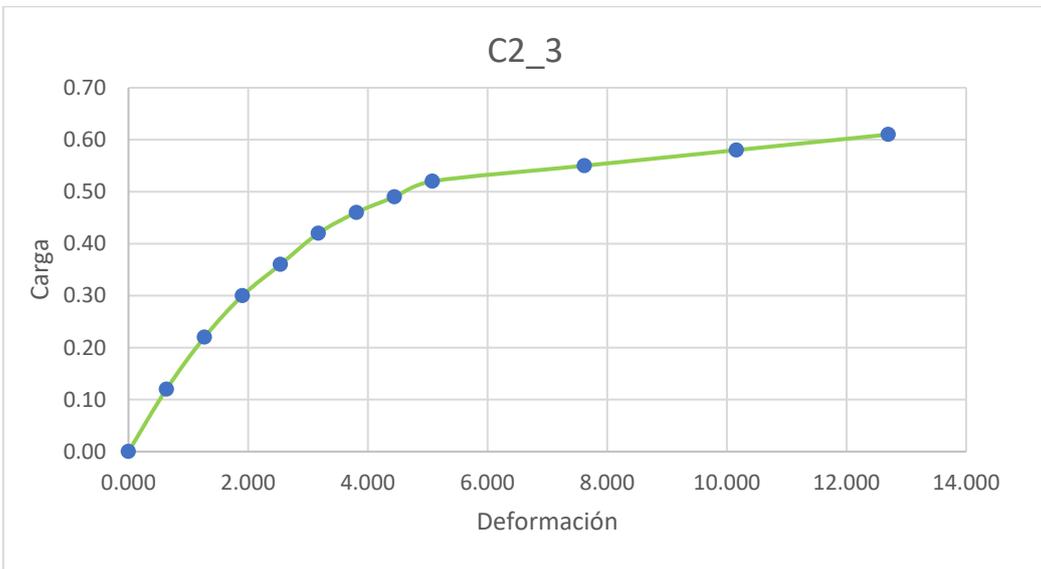
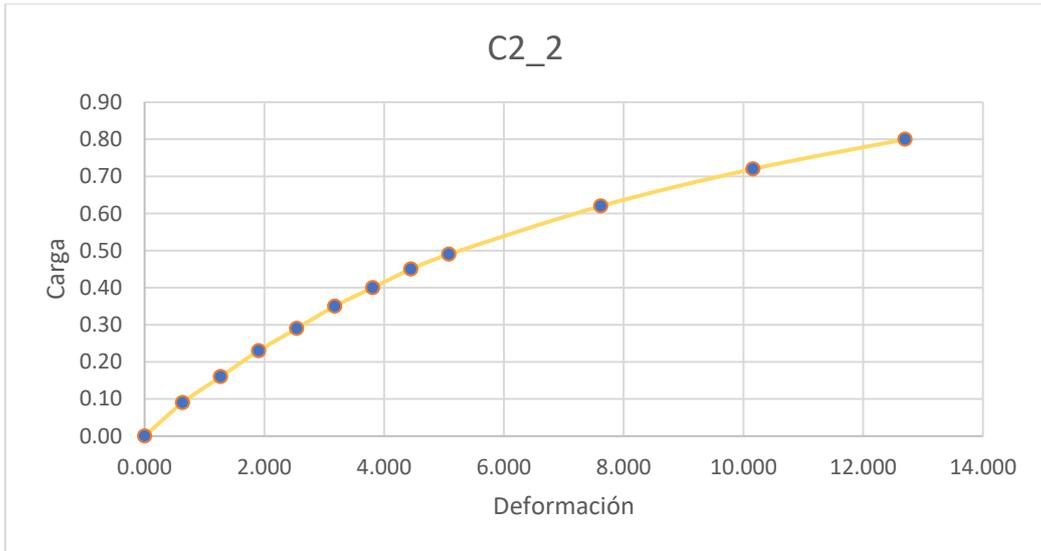
Peso		5015 g		
Diámetro del molde		6 in		0.1524
Altura del molde		5 in		0.127
Volumen del molde		0.00231667		
1% humedad inicial		4.62 %		
Humedad óptima		12.1 %		
Requerido		7.48		
Peso agua		375.12 g		
Muestra		1	2	3
numero capas		5	5	5
Golpes		12	26	56
%H		12.1	12.1	12.1
Peso Humedo+molde		10598	11224	11355 g
Peso molde		6300	6852	6926
Peso suelo húmedo		4298	4372	4429
Volumen molde		0.00231667	0.0023167	0.0023167
Densidad húmeda		1855251.86	1887194.3	1911798.6
	kg/m3	1855.25186	1887.1943	1911.7986
Muestra	g	1	2	3
Peso lata	g	17	17	17
Peso lata + suelo húmedo	g	97	101	105
Peso lata + suelo seco	g	79	82	85
Peso del Agua	g	18	19	20
Peso del suelo seco	g	62	65	68
% Humedad		29.0322581	29.230769	29.411765
Densidad seca	kg/m3	1437.82019	1460.3289	1477.2989
CBR		7.83	11.98	13.38

Hinchamiento

F. dial	0.0001			
L. Inicial	5		Molde	
Fecha		1	2	3
Martes 12 junio		3.654	4.258	5.8564
Sábado 16 junio		10.652	10.694	10.725
% Hinchamiento		3.633	4.237	5.835

CBR					
MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (kN)	DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (kN)	DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (kN)
0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
0.636	0.06	0.636	0.09	0.635	0.12
1.270	0.11	1.270	0.16	1.270	0.22
1.905	0.15	1.905	0.23	1.905	0.30
2.540	0.19	2.540	0.29	2.540	0.36
3.175	0.23	3.175	0.35	3.175	0.42
3.810	0.26	3.810	0.40	3.810	0.46
4.446	0.29	4.446	0.45	4.446	0.49
5.080	0.32	5.080	0.49	5.080	0.52
7.620	0.43	7.620	0.62	7.620	0.55
10.160	0.51	10.160	0.72	10.160	0.58
12.700	0.59	12.700	0.80	12.700	0.61





CBR CORREGIDO							
		MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
DEFORMACIÓN (mm)	CARGA ESTÁNDAR	CARGA	%	CARGA	%	CARGA	%
2.540	1.00	0.190	4.83	0.290	0.74	0.360	0.91
5.080	1.50	0.320	10.84	0.490	1.66	0.520	1.76

K

3

7.83

11.98

13.38

CBR al 100%

compactación

31.0

CBR al 98% compactación

26.4

CBR al 95% compactación

19.6



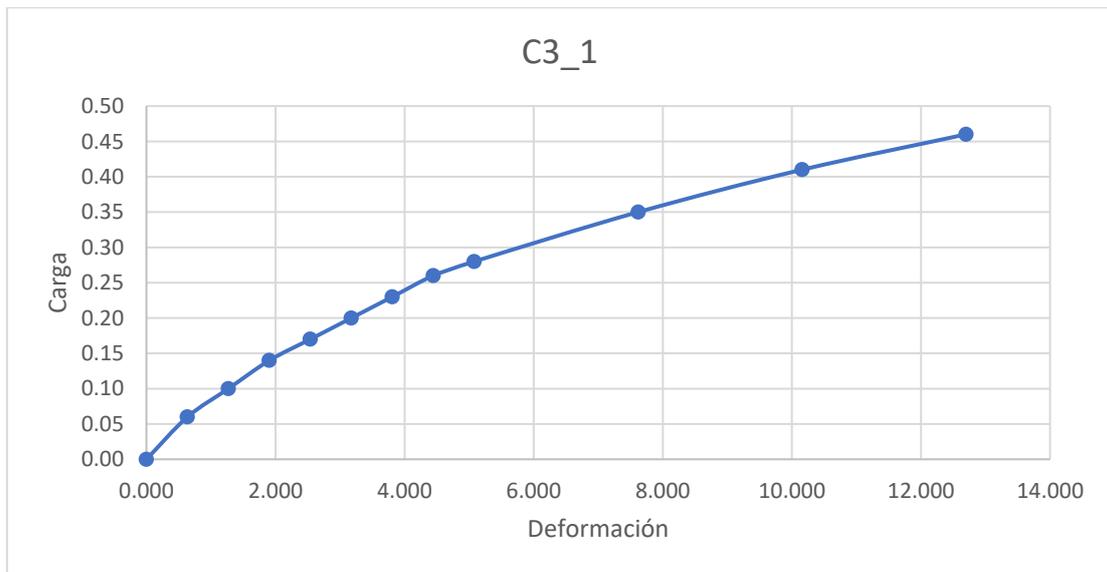
Datos:

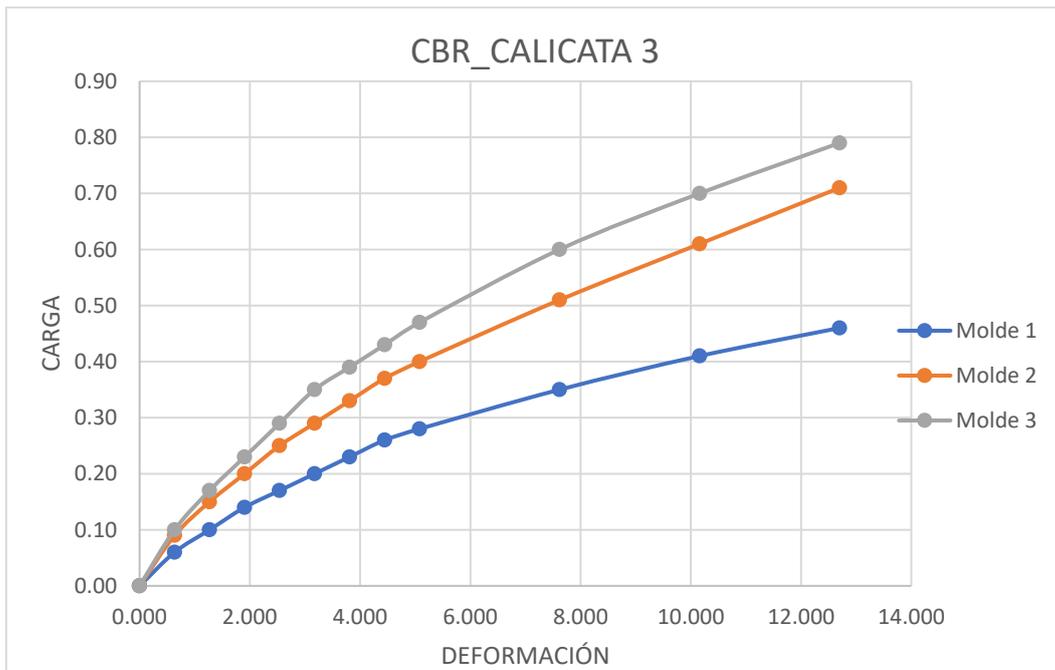
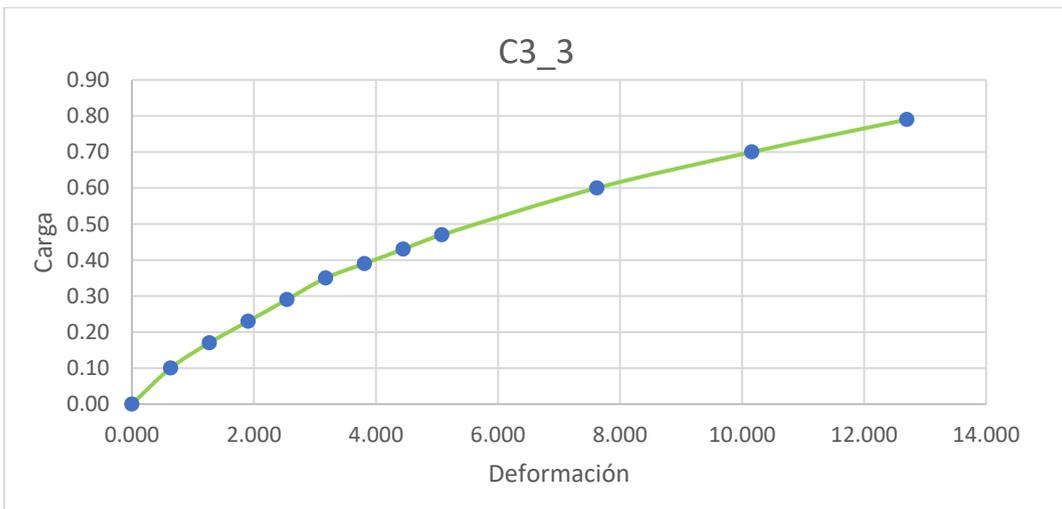
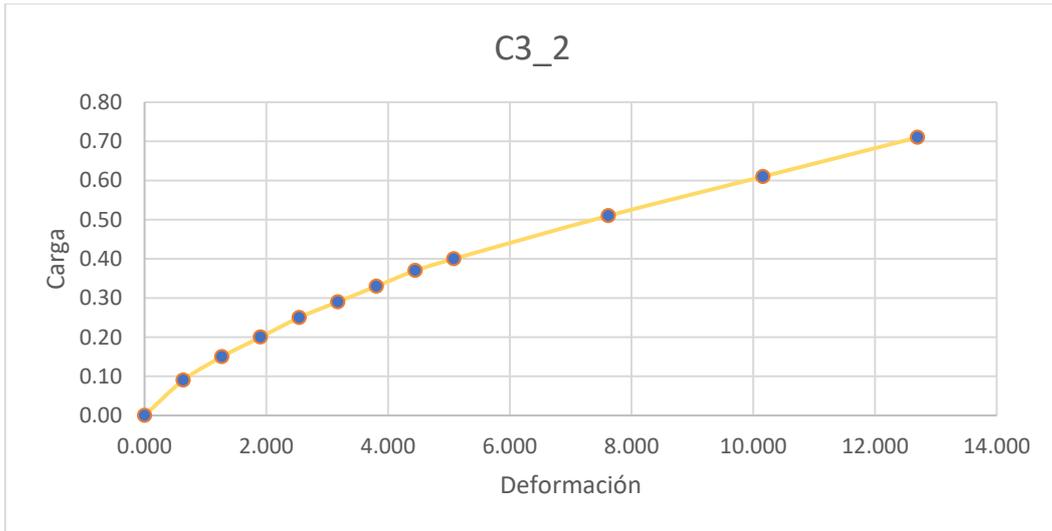
Peso		5200 g		
Diámetro del molde		6 in		0.1524
Altura del molde		5 in		0.127
Volumen del molde		0.00231667		
1%humedad inicial		8.259 %		
Humedad óptima		17.5 %		
Requerido		9.241		
Peso agua		480.53 g		
Muestra		1	2	3
numero capas		5	5	5
Golpes		12	26	56
%H		17.5	17.5	17.5
Peso Humedo+molde		11050	11143	11235 g
Peso molde		7022	6902	6926
Peso suelo húmedo		4028	4241	4309
Volumen molde		0.00231667	0.0023167	0.0023167
Densidad húmeda		1738705.09	1830647.5	1860000.1
	kg/m3	1738.70509	1830.6475	1860.0001
Muestra	g	1	2	3
Peso lata	g	17	17	17
Peso lata + suelo húmedo	g	91	94	94
Peso lata + suelo seco	g	75	78	80
Peso del Agua	g	16	16	14
Peso del suelo seco	g	58	61	63
% Humedad		27.5862069	26.229508	22.222222
Densidad seca	kg/m3	1362.76885	1450.2532	1521.8182
CBR		6.9	9.95	11.64

Hinchamiento

F. dial	0.0001			
L. Inicial	5		Molde	
	Fecha	1	2	3
	Martes 12 junio	7.369	8.907	9.651
	Sábado 16 junio	7.446	10.261	10.643
	% Hinchamiento	7.354	8.886	9.630

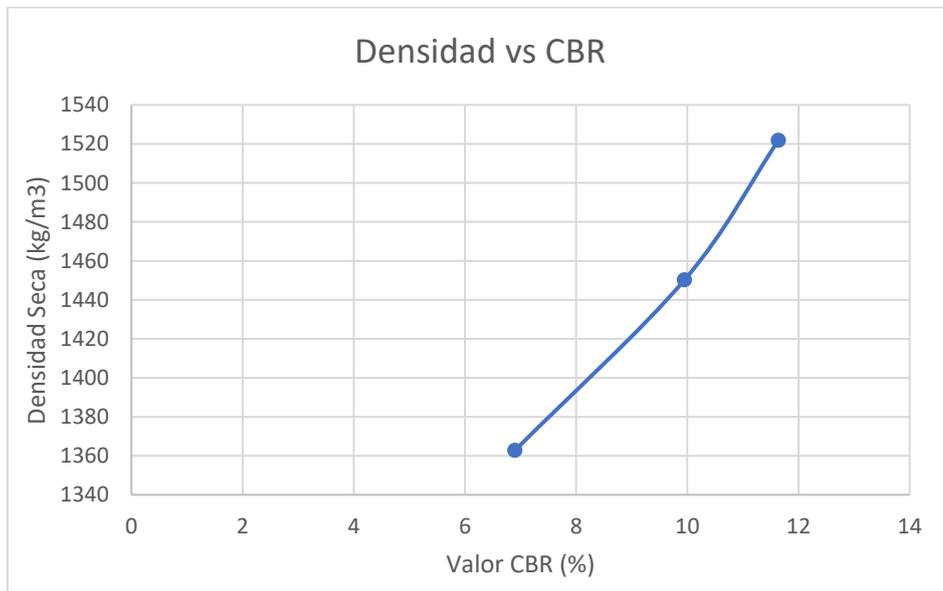
CBR					
MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
DEFORMACIÓN (mm)	CARGA (kN)	DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (kN)	DEFORMACIÓN (mm)	FUERZA (kN)
0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
0.636	0.06	0.636	0.09	0.635	0.10
1.270	0.10	1.270	0.15	1.270	0.17
1.905	0.14	1.905	0.20	1.905	0.23
2.540	0.17	2.540	0.25	2.540	0.29
3.175	0.20	3.175	0.29	3.175	0.35
3.810	0.23	3.810	0.33	3.810	0.39
4.446	0.26	4.446	0.37	4.446	0.43
5.080	0.28	5.080	0.40	5.080	0.47
7.620	0.35	7.620	0.51	7.620	0.60
10.160	0.41	10.160	0.61	10.160	0.70
12.700	0.46	12.700	0.71	12.700	0.79





CBR CORREGIDO							
		MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
DEFORMACIÓN (mm)	CARGA ESTÁNDAR	CARGA	%	CARGA	%	CARGA	%
2.540	1.00	0.170	4.32	0.250	0.64	0.290	0.74
5.080	1.50	0.280	9.48	0.400	1.35	0.470	1.59
K		3	6.90	9.95		11.64	

CBR al 100% compactación 16.4
 CBR al 98% compactación 15.4
 CBR al 95% compactación 13.9



Universidad Politécnica Salesiana

Luis Gustavo Jara Gómez

05/05/2023

PAVIMENTO RÍGIDO

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 7.35 \times \log_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5} \right] + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}}$$

$$(4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left[\frac{S_c \times C_d (D^{0.75} - 1.132)}{21563 \times J \left[\frac{D^{0.75} - 1842}{(E_d k)^{0.25}} \right]} \right]$$

Labels in the diagram:
 - Desviación Estándar Normal (points to \$Z_R\$)
 - Error Estándar Combinado (points to \$S_o\$)
 - Espesor (points to \$D\$)
 - Diferencia de Serviciabilidad (points to \$\Delta PSI\$)
 - Serviciabilidad Final (points to \$P_t\$)
 - Módulo de Ruptura (points to \$S_c\$)
 - Coeficiente de Drenaje (points to \$C_d\$)
 - Coeficiente de Transferencia de Carga (points to \$J\$)
 - Módulo de Elasticidad (points to \$E_d\$)
 - Módulo de Reacción (points to \$k\$)

Datos de diseño para Pavimento Rígido

Ejes equivalentes (W)	401627
Nivel de confianza (NC)	70%
Desviación estándar (ZR)	0.524
Error estándar combinado (So)	0.32
Número estructural (SN)	2.305
Índice de serviciabilidad (DPSI)	2
Modulo resiliente subrasante (MR)	18750

Índice de serviciabilidad inicial (P0)	4.5
Índice de serviciabilidad final (Pt)	2.5
Módulo de Rotura (S'c)	1306.001914
Coefficiente de drenaje (Cd)	0.7

5.603822901

=

5.605033955

Lo mas cercano posible

Número estructural por capas				
Pavimento				SN
a	D (in)	D(cm)		
0.35	1.7	4.318		0.60
Base				
a	D(in)	D(cm)	M	
0.15	6	15.24	0.8	0.72
Sub base				
a	D(in)	D(cm)	M	
0.1	11	27.94	0.9	0.99
Total	18.7	47.498	Total	2.305

Resultados Ensayo de C.B.R		
Densidad seca máx.	1715	kg/m3
95% Densidad seca máx.	1629	kg/m3
C.B.R	12.5	%

Coefficiente de transferencia de carga (J)	3.4
Módulo de elasticidad (Ec)	10634587.02
Módulo de Reacción (K)	400

Valor D final		Comprobación SN
Pavimento		
Cm	in	SN
4.5	1.77	0.62
Base		
Cm	in	
15.5	6.10	0.73
Sub base		
Cm	in	
28	11.02	0.99
Total		2.34

Universidad Politecnica Salesiana

Luis Gustavo Jara Gómez

05/05/2023

PAVIMENTO FLEXIBLE

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

Datos de diseño para Pavimento flexible	
Ejes equivalentes (W)	401627
Nivel de confianza (NC)	70%
Desviación estandar (ZR)	0.524
Error estandar combinado (So)	0.4
Número estructural (SN)	1.661
Indice serviciabilidad inicial P0	4.000
Indice serviciabilidad final Pt	2.800
Indice de serviciavilidad (DPSI)	1.200
Modulo resiliente subrasante (MR)	15492.188

5.603822901

=

5.590223267

Lo mas cercano posible

Número estructural por capas				
Asfalto				SN
a	D (in)	D(cm)		
0.35	1.5	3.81		0.53
Base				
a	D(in)	D(cm)	M	
0.13	5	12.7	0.8	0.52
Sub base				
a	D(in)	D(cm)	M	
0.11	7	17.78	0.8	0.616
Total	13.5	34.29	Total	1.66

Resultados Ensayo de C.B.R		
Densidad seca máx	1715	kg/m3
95% Densidad seca máx	1629	kg/m3
C.B.R	12.5	%

Valor D final		Comprobación SN
Asfalto		
Cm	in	SN
4	1.57	0.55
Base		
Cm	in	
13	5.12	0.53
Sub base		
Cm	in	
18	7.09	0.62
Total		1.71

DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS

TOPOGRAFÍA Y CARACTERISTICAS FISICAS DEL RELIEVE

Reconocimiento: - Terrestre
 Relieve: - Montañoso
 TRAFICO
 TPDA: 896 -

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS DE ACUERDO AL TRAFICO PROYECTADO

Tipo: 3 -
 MOP: 3 Colectora

Velocidades de diseño

minima: 40 km/h
 recomendada: 60 km/h
 circulación: 35-51 km/h

Alineamiento Horizontal

Tangentes
 Curvas Circulares

Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7,000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.

Radio minimo de curvatura Horizontal

vel	e	Rmin
40	0.08	42
40	0.06	45
60	0.08	115
60	0.1	105

Velocidad de Diseño km/h	T métrico	RADIO MINIMO CALCULADO				RADIO MINIMO RECOMENDADO			
		a=0.10	a=0.08	a=0.06	a=0.04	a=0.10	a=0.08	a=0.06	a=0.04
20	0.350	7.32	7.08	6.68	8.08	18	20	20	
25	0.318	12.48	12.12	11.88	13.88	28	30	30	
30	0.284	19.47	18.80	18.17	21.87	38	40	40	
35	0.256	28.79	27.82	27.02	32.32	48	50	50	
40	0.227	41.85	40.53	39.21	46.21	58	60	60	
45	0.205	58.75	56.94	55.22	64.22	68	70	70	
50	0.188	82.91	80.74	78.58	88.58	78	80	80	
60	0.158	129.97	126.70	123.44	138.44	110	120	120	140
70	0.140	184.35	180.18	176.01	203.01	140	150	150	180
80	0.128	259.87	254.68	249.49	278.49	170	180	180	220
90	0.114	372.55	365.84	359.13	408.13	210	220	220	270
100	0.108	512.36	504.65	496.94	568.94	260	270	270	330
110	0.104	679.34	670.54	661.74	768.74	320	330	330	400
120	0.100	914.38	904.58	894.78	1038.78	400	410	410	500

Nota: Se podrá utilizar un radio mínimo de 1/3a, siempre y cuando se trate de:
 - Aproximar infraestructuras existentes.
 - Relieve difícil incorporado.
 - Caminos de bajo costo.

Longitud de espirales

Vel diseño	Rmin	Le
60	56	59
40	110	70

Vd (Km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
Rmin, m	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
Le min, m	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Peralte

Vel diseño	i (%)	S max
40	0.7	1:143
60	0.6	1:167

V _d , Km/h	VALOR DE (i), %	MAXIMA PENDIENTE EQUIVALENTE.
20	0,800	1:125
25	0,775	1:129
30	0,750	1:133
35	0,725	1:138
40	0,700	1:143
50	0,650	1:154
60	0,600	1:167
70	0,550	1:182
80	0,500	1:200
90	0,470	1:213
100	0,430	1:233
110	0,400	1:250
120	0,370	1:270

Longitud minima de transición en función de e 7.3 = 2*3.65 m

Vel diseño	S de borde	e	Lmin
40	0.7	0.08	42
40	0.7	0.06	31
e y bombeo 2%			
40	0.7	0.08	10
40	0.7	0.06	10
e			
60	0.6	0.08	48
60	0.6	0.1	61
e y bombeo 2%			
60	0.6	0.08	12
60	0.6	0.1	12

LONGITUD MINIMA DE TRANSICION EN FUNCION DEL PERALTE MAXIMO "e"

Velocidad de diseño km/h	Pendiente de Borde %	Ancho de calzada (7.30 m (2 x 3.65 m))				Valor de la Longitud Tangencial			
		0.10	0.08	0.06	0.04	0.10	0.08	0.06	0.04
Bombeo = 2 %									
20	0.800								
25	0.775								
30	0.750								
35	0.725								
40	0.700								
45	0.675								
50	0.650								
60	0.600	61	48	37	24	12	12	12	12
70	0.550	66	53	40	27	13	13	13	13
80	0.500	73	59	44	29	15	15	15	15
90	0.470	78	62	47	31	16	16	16	16
100	0.430	85	68	51	34	17	17	17	17
110	0.400	91	73	55	37	18	18	18	18
120	0.370	99	79	59	39	20	20	20	20

Longitud minima de transición en función de la Vel diseño

Vel diseño	S de borde	Transición	e y 2%
40	0.7	22	6-7
60	0.6	34	7-8

V ⁰ , Km/h	R ^{MIN} PARA NO INTRODUCIR TRANSICIONES, m
30	90
40	160
50	250
60	400
70	500
80	700
90	800
100	1000
110	1200
120	1500

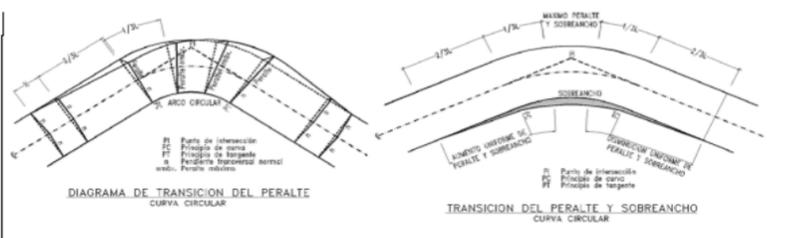
RADIOS MINIMOS A PARTIR DE LOS CUALES NO SE REQUIERE UTILIZAR CURVAS DE TRANSICIÓN

V	Rmin
40	160
60	400

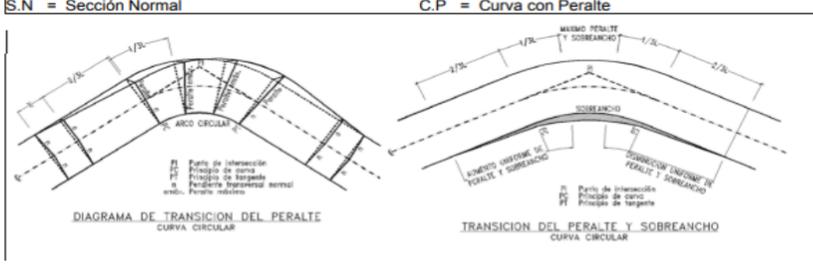
CUADRO DE PERALTES, SOBRECANCHOS Y LONGITUDES X, L PARA EL DESARROLLO CARRETERA DE 2 CARRILES - ANCHO DE VIA 7,30 m

Velocidad de diseño (Kph)	40	Gradiente Longitudinal	0,70
Ancho de vía (m)	7,30	Pendiente de la vía (%)	2,00

Radio (m)	Peralte máximo (%)			Longitud de transición L (m)	
	Peralte (%)	Sobrancho (m)	Longitud X (m)	10,00	
				Mínima	Máxima
50	10,0	1,20	10	52	69
75	8,9	0,79	10	46	56
80	8,6	0,73	10	45	54
100	7,8	0,57	10	41	47
110	7,4	0,51	10	39	44
115	7,2	0,48	10	38	43
150	5,8	0,34	10	30	33
160	5,5		10	29	29
200	4,4		10	23	23
210	4,2		10	22	22
250	3,5		10	18	18
300	3,0		10	16	16
350	2,6		10	14	14
400	2,3		10	12	12
460	C.P		10	10	10
500	S.N				



Radio (m)	Peralte (%)	Sobrancho (m)	Longitud X (m)	Longitud de transición L (m)	
				Mínima	Máxima
115	10,0	0,68	12	61	72
130	9,7	0,60	12	59	69
150	9,2	0,52	12	56	64
160	9,1	0,48	12	55	63
200	8,2	0,37	12	50	55
210	8,0		12	49	49
250	7,2		12	44	44
300	6,2		12	38	38
350	5,4		12	33	33
400	4,8		12	29	29
460	4,3		12	26	26
500	4,0		12	24	24
600	3,4		12	21	21
700	3,0		12	18	18
750	2,8		12	17	17
800	2,6		12	16	16
900	2,3		12	14	14
1000	2,1		12	13	13
1100	C.P		12	12	12
1200	S.N				



Clase de Carretera	Velocidad de Diseño (Kph)	VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)												
		RECOMENDABLE						PERMISIBLE EN TRAMOS DIFÍCILES						
		RELIEVE LLANO		RELIEVE ONDULADO		RELIEVE MONTAÑOSO		RELIEVE LLANO		RELIEVE ONDULADO		RELIEVE MONTAÑOSO		
I	100	120	110	100	95	110	90	85	80	75	80	70	65	60
II	80	100	90	80	75	90	80	75	70	65	70	60	55	50
III	60	80	70	60	55	70	60	55	50	45	50	40	35	30
IV	40	60	50	40	35	50	40	35	30	25	30	20	15	10
V	30	40	30	20	15	30	20	15	10	5	10	5	0	0

Clase de Carretera	L	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
		L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000 TPDA	830	830	640	830	640	565	
I 3000 a 8000 TPDA	830	690	565	690	565	415	
II 1000 a 3000 TPDA	690	640	490	640	565	345	
III 300 a 1000 TPDA	640	565	415	565	415	270	
IV 100 a 300 TPDA	480	290	210	290	150	110	
V Menos de 100 TPDA	290	210	150	210	150	110	

Distancias de visibilidad

VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MINIMAS PARA PARADA DE UN VEHICULO

Velocidad de Diseño-Vd (Kph)	Velocidad de Circulación Asumida Vc (Kph)	Coeficiente de fricción longitudinal	GRADIENTE "G" %							
			-12	-9	-6	-3	3	6	9	12
40	37	0,389	25,23	25,07	24,73	23,63	27,28	26,54	26,27	26,13
60	55	0,345		36,82	35,09	33,71	41,75	40,07	39,47	

Vel	Dist minima de rebasamiento
40	268 m
60	412 m

En Ecuador 270 m
*Por el terreno montañoso

ALINEAMIENTO VERTICAL GRADIENTES

VALORES DE DISEÑO DE LAS GRADIENTES LONGITUDINALES

Vp, Km/h	VELOCIDADES DE LOS VEHICULOS, Km/h.		DISTANCIA MINIMA DE REBASAMIENTO, METROS	
	REBASADO	REBASANTE	CALCULADA	RECOMENDADA
25	24	40	----	(80)
30	28	44	----	(110)
35	33	49	----	(130)
40	35	51	268	270 (150)
45	39	55	307	310 (180)
50	43	59	345	345 (210)
60	50	66	412	415 (290)
70	58	74	488	490 (380)
80	66	82	563	565 (480)
90	73	89	631	640
100	79	95	688	690
110	87	103	764	830 *
120	94	110	831	830

Tipo Carretera	M
3 7-9	

Clase de Carretera	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8.000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I 3.000 a 8.000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II 1.000 a 3.000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III 300 a 1.000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV 100 a 300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V Menos de 100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Velocidad de diseño Distancia de Visibilidad para Coeficiente K=S^2/426

CURVAS VERTICALES. CURVAS VERTICALES CONVEXAS MINIMAS

Vel dis	Dis parada	K	
40	40		4
60	70		12
Tipo Carretera	Terreno	K	
3 M			12

Velocidad de diseño (kph)	Distancia de Visibilidad para Parada "s" (metros)	Calculado	Redondeado
20	20	0,94	1
25	25	1,47	2
30	30	2,11	2
35	35	2,88	3
40	40	3,76	4
45	50	5,87	6
50	55	7,1	7
60	70	11,5	12
70	90	19,01	19
80	110	28,4	28
90	135	42,78	43
100	160	60,09	60
110	180	76,06	80
120	220	113,62	115

CURVAS VERTICALES CONCAVAS MININAS

Vel dis	Dis parada	K	
40	40		6
60	70		13
Tipo Carretera	Terreno	K	
3 M			12

Velocidad de diseño (kph)	Distancia de Visibilidad para Parada "s" (metros)	Calculado	Redondeado
20	20	2,08	2
25	25	2,98	3
30	30	3,96	4
35	35	5,01	5
40	40	6,11	6
45	50	8,42	8
50	55	9,82	10
60	70	13,35	13
70	90	18,54	19
80	110	23,87	24
90	135	30,66	31
100	160	37,54	38
110	180	43,99	43
120	220	54,26	54

SECCIONES TRANSVERSALES TIPICAS

ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL TIPICA

Clase de carretera	Ancho de calzada
3	6.7

Clase de Carretera	Ancho de la Calzada (m)	
	Recomendable	Absoluto
R-I o R-II > 8000 TPDA	7,30	7,30
I 3000 a 8000 TPDA	7,30	7,30
II 1000 a 3000 TPDA	7,30	6,50
III 300 a 1000 TPDA	6,70	6,00
IV 100 a 300 TPDA	6,00	6,00
V Menos de 100 TPDA	4,00	4,00

ESPALEDONES

Clase de carretera	Tipo terreno	Ancho
3 M		1 m

Clase de Carretera	Ancho de Espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000 TPDA	3,0 *	3,0 *	2,5 *	3	3,0 *	2,0 *
I 3000 a 8000 TPDA	2,5 *	2,5 *	2,0 *	2,5 **	2,0 **	1,5 **
II 1000 a 3000 TPDA	2,5 *	2,5 *	1,5 *	2,5	2,0	1,5
III 300 a 1000 TPDA	2,0 **	1,5 **	1,0 *	1,5	1,0	0,5
IV 100 a 300 TPDA	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V Menos de 100 TPDA	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal)					

L = Terreno Llano O = Terreno Ondulado M = Terreno Montañoso

* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico

** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente. (ver nota 5/ del cuadro general de calificación)

GRADIENTE TRANSVERSAL PARA ESPALEDONES (PORCENTAJES)

Clase de carretera	Tipo superficie	Ancho
3	Grava, estabil	4 %

Clase de Carretera	Tipos de Superficie (m)		Gradiente Transversal %
	Tipos de Superficie (m)		
R-I o R-II > 8000 TPDA	Carpeta de concreto asfáltico		4,00
I 3000 a 8000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o carpeta		4,00
II 1000 a 3000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o superficie estabilizada		4,00
III 300 a 1000 TPDA	Superficie estabilizada, grava		4,00
IV 100 a 300 TPDA	D.T.S.B. O capa granular		4,00

TALUDES

VALORES DE DISEÑO RECOMENDABLES DE LOS TALUDES EN TERRENOS PLANOS

Clase de Carretera	TALUD	
	CORTE	RELLENO
R-I o R-II > 8000 TPDA	3:1 * **	4:1
I 3000 a 8000 TPDA	3:1	4:1
II 1000 a 3000 TPDA	2:1	3:1
III 300 a 1000 TPDA	2:1	2:1
IV 100 a 300 TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1
V Menos de 100 TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1

No considerar

DRENAJE VIAL

DRENAJE LONGITUDINAL

CUNETAS

VELOCIDADES DEL AGUA CON QUE SE EROSIONAN DIFERENTES MATERIALES

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

Alcantarillas

No considerar



República del Ecuador
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

VALORES DE DISEÑO RECOMENDADOS PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES Y CAMINOS VECINALES DE CONSTRUCCIÓN

NORMAS	CLASE I 3 000 - 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 - 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 - 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾					
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA		
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	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	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	MÁXIMO = 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			6,70			6,00			6,00						4,00 ⁽⁵⁾					
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B., Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado					

Ancho de espaldones ⁽¹⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)	---
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7)	4,0
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽²⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y SE)	---
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																			
Puentes	Carga de diseño	HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																		
	Ancho de la calzada (m)	SERÁ LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																		
	Ancho de Aceras (m) ⁽¹⁾	0,50 m mínimo a cada lado																		
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																			
LL = TERRENO PLANO 0 = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTAÑOSO																				

I. INTRODUCCION

II. TOPOGRAFIA Y CARACTERISTICAS FISICAS DEL RELIEVE

- A. RECONOCIMIENTOS
1. Reconocimiento Aéreo
 2. Reconocimiento Terrestre
 3. Reconocimiento Combinado

- B. FOTOINTERPRETACION
1. Identificaciones en las Fotografías

III. TRAFICO

- A. TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL
1. Proceso de Cálculo del TPDA
 - a. Objetivo
 - b. Observaciones de campo
 - c. Tipos de conteo
 - d. Periodo de observación
 - e. Variaciones de tráfico
 - f. Cálculo de variaciones (factores)
 2. Tráfico Futuro
 - a. Crecimiento normal del tráfico actual
 - b. Criterios para determinar el tráfico futuro
 - c. Relación del tráfico vehicular con la población
 - d. Relación del tráfico vehicular con la producción
 - e. Proyección en base a la tasa de crecimiento poblacional
 - f. Tráfico generado
 - g. Tráfico por desarrollo
 3. Clasificación de Carreteras de Acuerdo al Tráfico
 - 3.1 Clase de carretera
 - 3.1.1 Corredores Arteriales
 - 3.1.2 Vías Colectoras
 - 3.1.3 Caminos Vecinales

IV. VELOCIDAD DE DISEÑO

- 4.1 PROCESO DE DISEÑO
- 4.2 CARACTERISTICAS PARA LA DEFINICION DEL TRAZADO
- 4.3 RELACION CON LA VELOCIDAD DE CIRCULACION

V. ALINEAMIENTO HORIZONTAL

- A. TANGENTES
- B. CURVAS CIRCULARES
1. Radio Mínimo de Curvatura Horizontal
- C. CURVAS DE TRANSICION
1. Principales Ventajas que Ofrecen las Curvas de Transición
 2. Elementos Característicos Principales
 3. Cálculo de los Elementos de la Curva Espiral
- D. PERALTE
1. Magnitud del Peralte
 2. Desarrollo del Peralte
 3. Longitud de Transición
 4. Longitud Tangencial
- E. TANGENTE INTERMEDIA MINIMA
- F. RADIOS MINIMOS A PARTIR DE LOS CUALES NO SE REQUIERE UTILIZAR CURVAS DE TRANSICION
- G. EL SOBREAÑO EN LAS CURVAS
1. Valores de Diseño
 2. Obtención del Sobreaño
- H. CRITERIOS GENERALES

VI. DISTANCIAS DE VISIBILIDAD

- A. DISTANCIA DE VISIBILIDAD PARA LA PARADA DE UN VEHICULO
1. Efecto de las Gradientes
 2. Distancia de Visibilidad en las Curvas Horizontales
 3. Medida de Distancia de Visibilidad para Parada
 4. Distancia de Visibilidad Lateral
 5. Distancia de Visibilidad para el Rebasamiento de un Vehículo
 6. Medida de la Distancia de Visibilidad para Rebasamiento

VII. ALINEAMIENTO VERTICAL

- A. GRADIENTES
1. Gradientes Mínimas
 2. Longitudes Críticas de Gradiente para el Diseño
 3. Círculo Adicional de Ascenso
- B. CURVAS VERTICALES
1. Curvas Verticales Convexas
 2. Curvas Verticales Cóncavas
- C. CRITERIOS GENERALES PARA EL ALINEAMIENTO VERTICAL
- D. COMBINACION DE LOS ALINEAMIENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES
- E. DISEÑO DE CARRETERAS EN ZONAS INUNDABLES

VIII. SECCIONES TRANSVERSALES TIPICAS

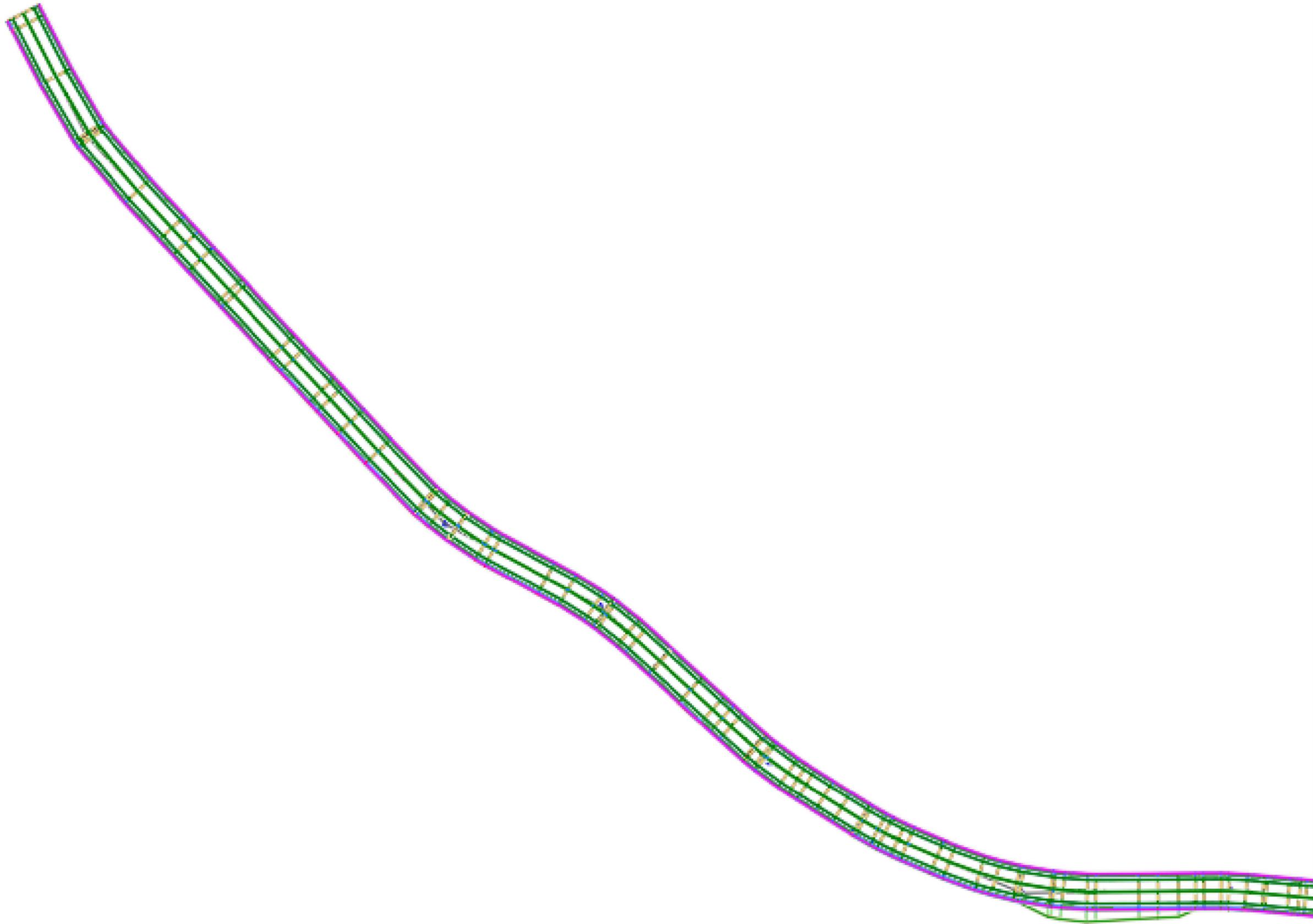
- A. ANCHO DE LA SECCION TRANSVERSAL TIPICA
- B. ESPALDONES
- C. TALUDES
- D. TIPOS DE SUPERFICIE DE RODADURA

IX. DRENAJE

- A. DRENAJE SUPERFICIAL
1. Clasificación De las estructuras de drenaje
 2. Drenaje Longitudinal
 - 2.1 Cunetas
 - 2.2 Contracunetas (Cunetas de Coronación)
 3. Obras complementarias de drenaje
 4. Alcantarillas
 5. Puentes

X. MISCELANEOS

- A. PUENTES
- B. ACERAS Y BORDILLOS
- C. BARANDAS Y BARRERAS DE PROTECCION
- D. CARGAS DE DISEÑO DE PUENTES
- E. CAMION TIPO HS-MOP
- F. IMPLANTACION TIPO DE PUENTES
- G. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PUENTES
1. Especificaciones de dibujo de puentes
 - 1.1 Formatos
 - 1.2 Especificaciones de materiales
 - 1.3 Resumen de cantidades de materiales
 - 1.4 Tarjeta de identificación
 2. Planos
 - 2.1 Implantación general
 - 2.2 Planos estructurales de la infraestructura
 - 2.3 Planos estructurales de la superestructura
 - 2.4 Planos del proceso constructivo
- F. SEGURIDAD
- G. DERECHO DE VIA
- H. PRESENTACION DE PLANOS VIALES



Realizado por:
LUIS GUSTAVO JARA GOMEZ

TITULACIÓN

FECHA:
25 / 06/2023

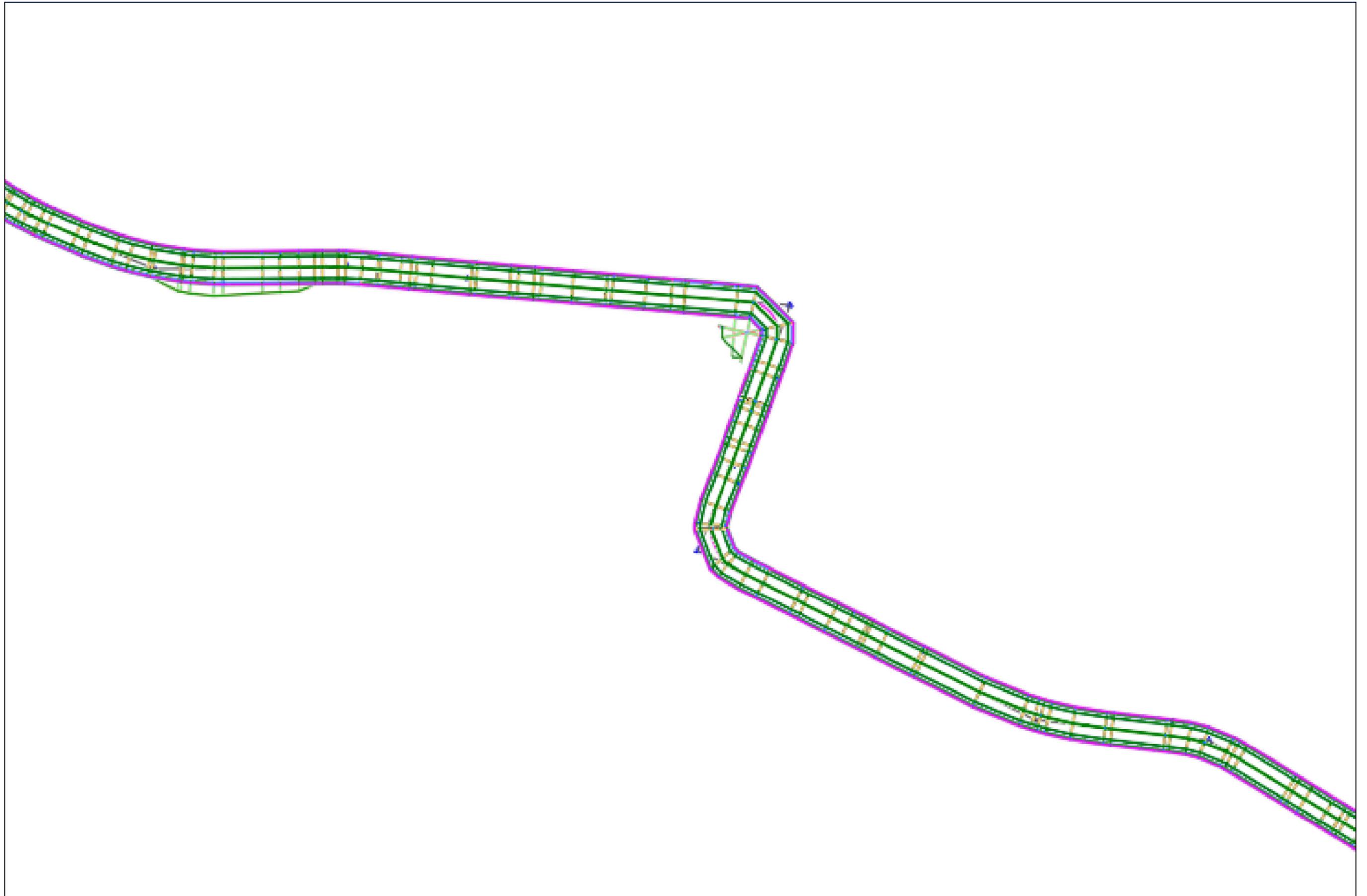
PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTO

Revisado por:
ING.DANILO BUSTOS MSC

INVESTIGACIÓN

ESCALA:
1:100

VISTA DE PLANTA 1



Realizado por:
LUIS GUSTAVO JARA GOMEZ

TITULACIÓN

FECHA:
25 / 06/2023

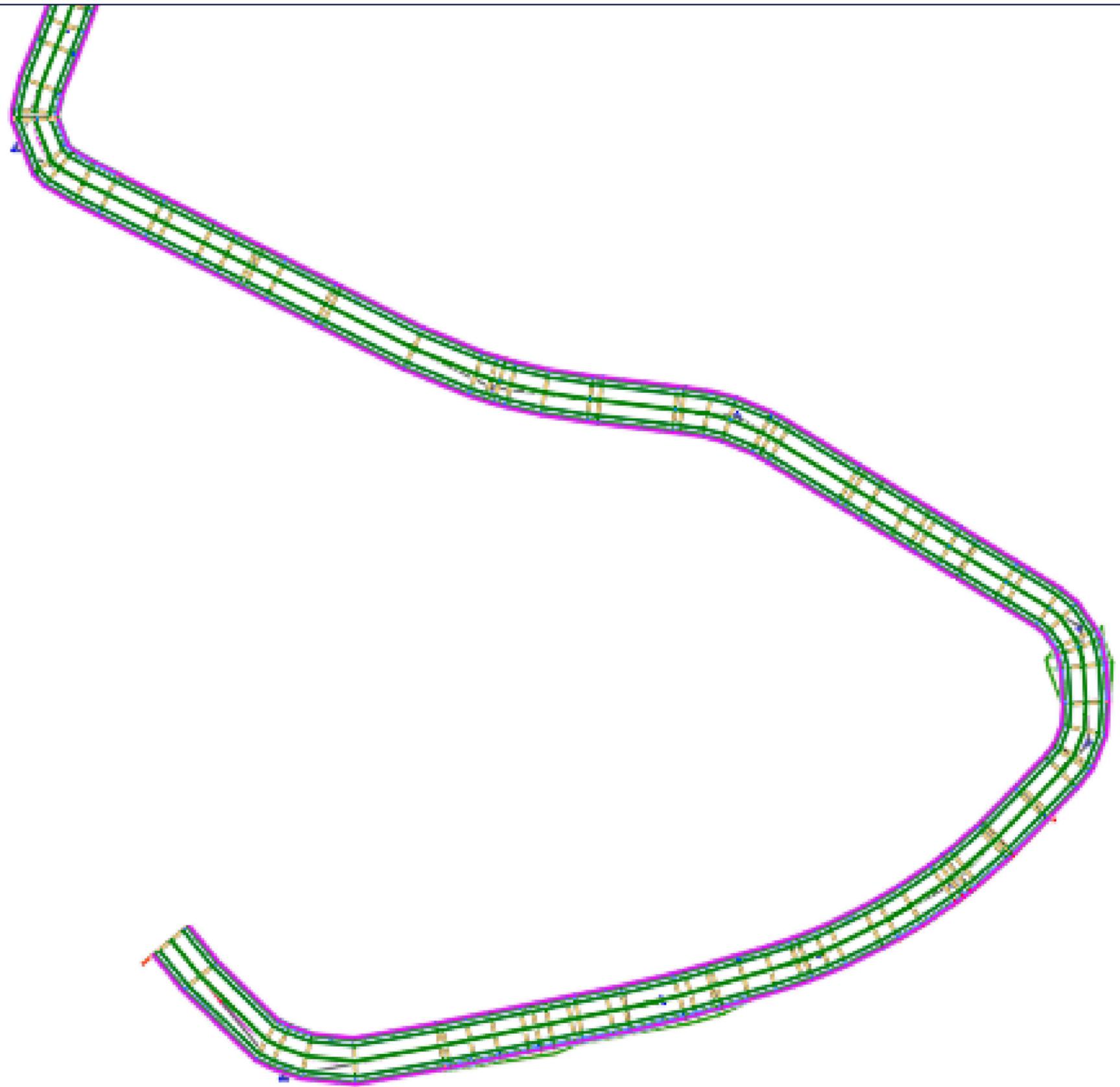
PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTO

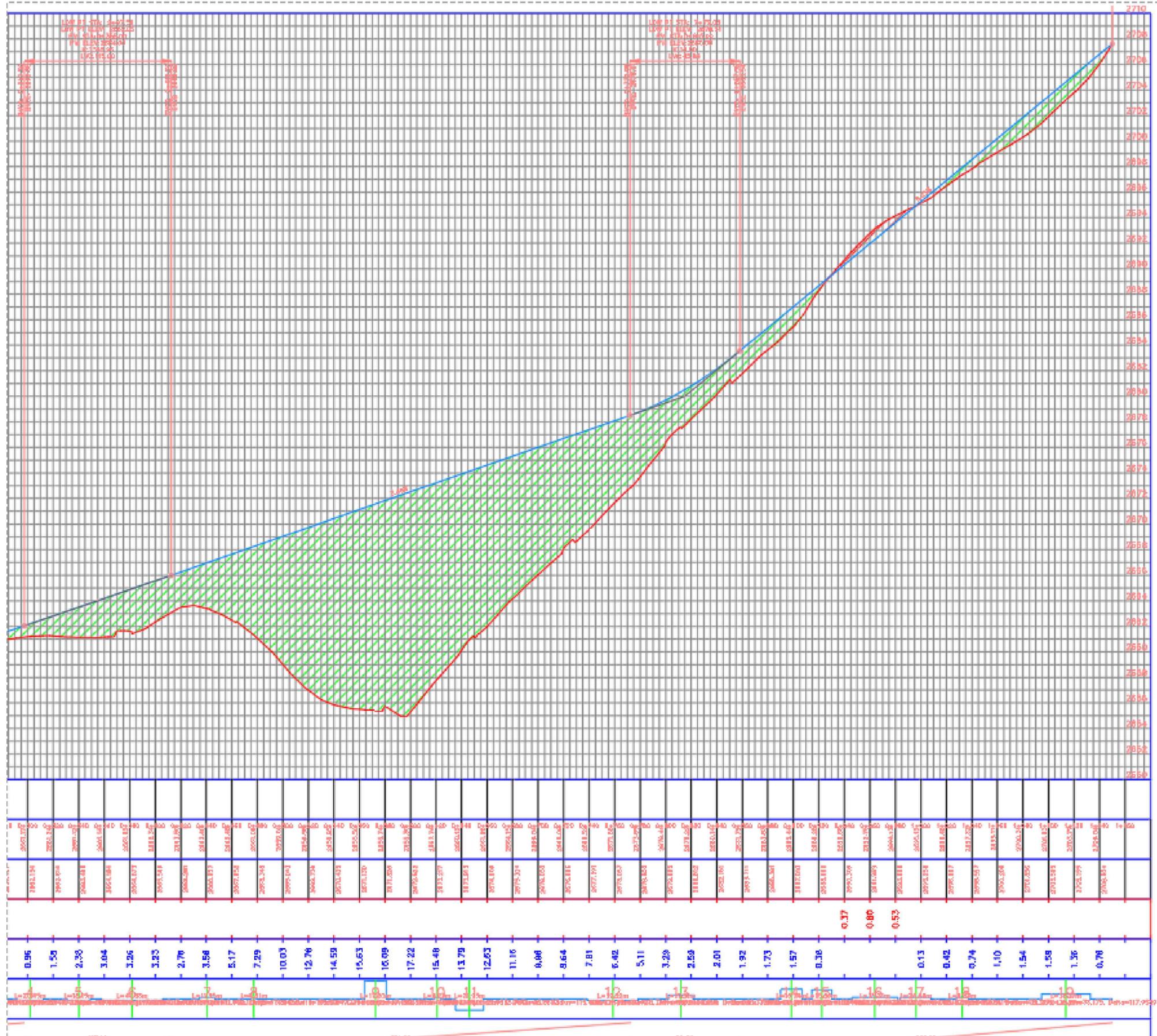
Revisado por:
ING.DANILO BUSTOS MSC

INVESTIGACIÓN

ESCALA:
1:100

VISTA DE PLANTA 2





Realizado por:
LUIS GUSTAVO JARA GOMEZ

Revisado por:
ING.DANILO BUSTOS MSC

TITULACIÓN

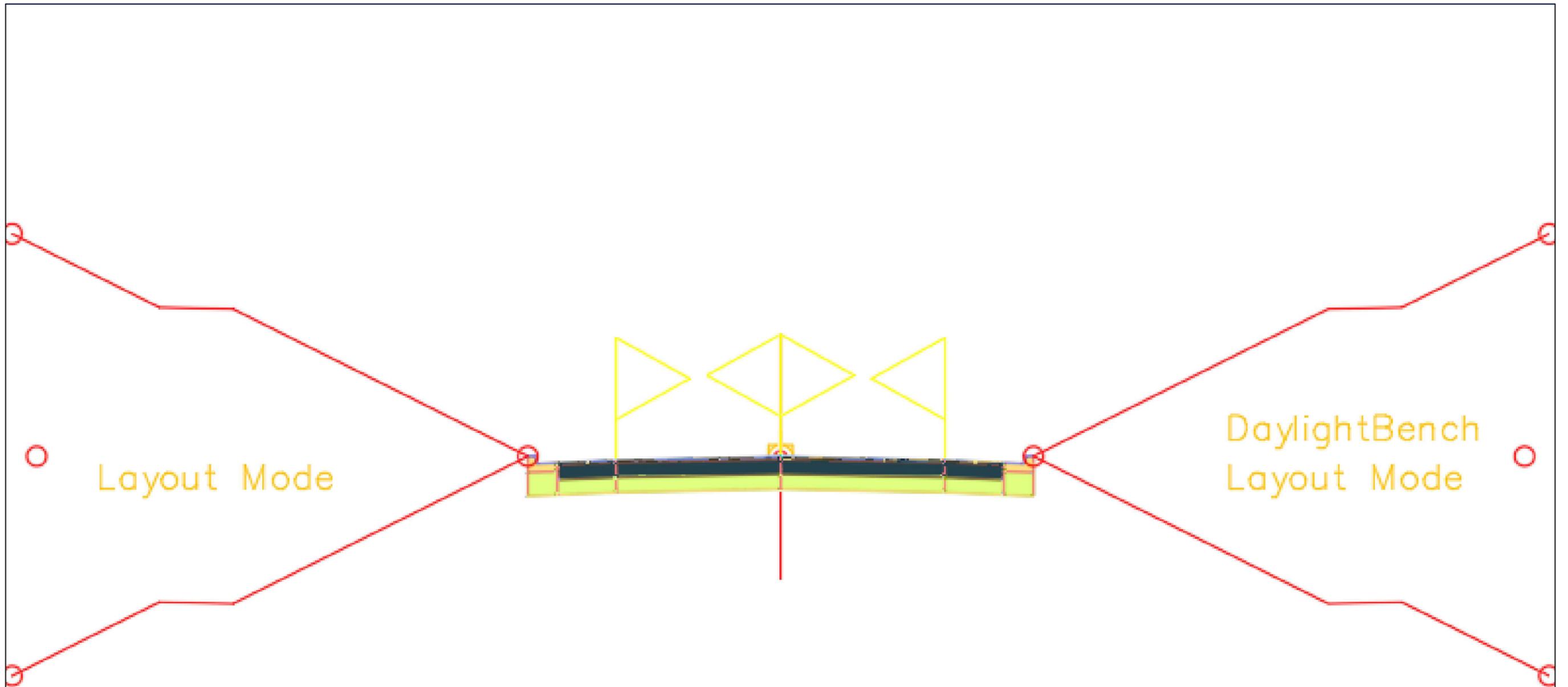
INVESTIGACIÓN

FECHA:
25 / 06/2023

ESCALA:
1:100

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTO

VISTA DE PERFIL 2



Realizado por:
LUIS GUSTAVO JARA GOMEZ

TITULACIÓN

FECHA:
25 / 06/2023

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE PAVIMENTO

Revisado por:
ING.DANILO BUSTOS MSC

INVESTIGACIÓN

ESCALA:
1:100

CARRILES DE 3.35 m