



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Diseño Geométrico y de pavimentos para la vía “Manuel de la Cruz y Piedra” entre la vía Cesar Andrade y Cordero y camino a San Pedro del Cebollar (Racar plaza), Cantón Cuenca-Ecuador

Trabajo previo a la obtención del grado académico de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

KEVIN BENIGNO ENCALADA BERMEJO

ANDRES GERARDO QUIZHPI ARICHABALA

Director:

ING. PABLO ANDRÈS CARVALLO CORRAL

CUENCA - ECUADOR

2024

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a dos mujeres excepcionales en mi vida: para mi madre Bertha y mi abuela Victoria las cuales han sido la fuente de mi inspiración y mi motor principal para levantarme cada mañana y luchar contra las adversidades de la vida.

Bertha, la cual ha estado en los momentos más difíciles de la carrera cuando la carga universitaria era fuerte y el entusiasmo no eran los óptimos, siempre estuvo ahí para brindarme apoyo y consejos lo cual a sido el motivo para levantarme todas las mañanas para no desfallecer en el intento, además con su apoyo económico a sido la persona quien a financiado toda mi carrera.

Para mi abuela, Victoria, quien con cada visita a estado pendiente por mi salud y cuidado físico y mental, la cual apporto sabiduría a través de sus experiencias de vida para crecer como amigo, compañero y persona en cada aspecto de mi vida.

Kevin Benigno Encalada Bermejo

A mis padres. Este logro es prueba de su inmenso amor y dedicación. Valoro mucho las lecciones de vida que me han impartido y el cariño que siempre me han brindado. Mi gratitud hacia ustedes es imposible expresar completamente.

A mis hermanos Armando y Yadira, quienes siempre fueron mi inspiración. No puedo expresar con palabras lo agradecido que estoy por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante mi formación académica. Sin su ayuda este logro no hubiera sido posible.

Andres Gerardo Quizhpi Arichabala

Agradecimientos

Agradecemos sinceramente a nuestros familiares, amigos y profesores por su apoyo constante en la elaboración de este proyecto. Especialmente, queremos expresar nuestra gratitud al Ing. Pablo Carvallo, director de nuestro trabajo de titulación, quien compartió sus conocimientos y su pasión por la asignatura de construcción de carreteras. También agradecemos a nuestros compañeros y amigos que colaboraron voluntariamente en la recopilación de información, realizaron conteos manuales y brindaron consejos. Su apoyo fue fundamental para el éxito de este proyecto, y esperamos seguir contando con su ayuda en el futuro.

Resumen

Este proyecto realizó el rediseño geométrico de la vía Manuel de la Piedra y Cruz ubicada en la ciudad de Cuenca, además de presentar dos alternativas de pavimentos. Para esto, se consideró las siguientes normativas MOP, AASHTO, MTOP, NEVI-12 y MTC. Se recopiló información previa, incluyendo topografía, estudios de suelos y conteos vehiculares. En la subrasante, se encontró un CBR de 3.8%. Además, la vía se clasificó como categoría V de tipo montañoso, con un TPDA actual de 582 vehículos y un TPDA futuro de 918 vehículos. Para las capas de rodadura, se requirió un espesor de 3 pulgadas y 19 cm para el pavimento flexible y rígido, respectivamente, para soportar las cargas de tráfico.

Palabras claves: Diseño, estudios, geométrico, pavimentos, tráfico, vía.

Abstract

This project conducted the geometrical redesign and set out pavement alternatives on Manuel de la Piedra y Cruz Street. For this purpose, prior information was gathered including topography, study of floors, and vehicle counting. Additionally, 3.8% of CBR was found in the subgrade considering MOP, AASHTO, MTOP, NEVI-12, and MTC normative. In addition, the street was classified as category V, mountainous area, with an actual TPDA of 582 vehicles, and a future TPDA of 918 vehicles. Finally, for the surface road, a thickness of 3 inches and 19 cm was required for the flexible and rigid pavement, respectively, in order to support the traffic loads.

Key Words: Design, studies, geometry, pavements, traffic, road.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos	2
Alcance.....	3
Problemática y justificación.....	4
Antecedentes	6
CAPÍTULO I. ESTUDIOS PRELIMINARES	7
1.1 Estudios de tráfico.....	7
1.1.1 Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular.....	7
1.1.2 Tráfico actual	7
1.1.3 Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	7
1.1.4 Tráfico futuro Tf	9

1.1.5	Clasificación por capacidad en función del TPDA.....	9
1.1.6	Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico	11
1.1.7	Clasificación de carretera.....	12
1.2	Estudio topográfico	13
1.3	Estudio de la subrasante	14
1.3.1	Extracción de calicatas.....	14
1.3.2	Ensayos realizados en laboratorio.....	16
1.3.3	Análisis Granulométrico por lavado	16
1.3.4	Límites de Atterberg	17
1.3.5	Clasificación de suelos.....	18
1.3.6	Proctor modificado	18
1.3.7	California Bearing Ratio (CBR)	18
1.4	Resultados de los estudios preliminares.....	19
1.4.1	Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular.....	19
1.4.2	Conteo manual.	19
1.4.3	Conteo automático	20
1.4.4	Tráfico promedio diario anual TPDA.....	21
1.4.5	Tráfico futuro Tf	22
1.4.6	Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico	22
1.4.7	Ensayo granulométrico	23
1.4.8	Límites de atterberg	24
1.4.9	Clasificación AASHTO	25
1.4.10	Proctor modificado.	27
1.4.11	California Bearing Ratio (CBR)	27
CAPÍTULO II. DISEÑO GEOMÉTRICO.....		28
2.1	Estado actual de la vía.....	28
2.2	Velocidad de diseño (Vd.).....	29
2.3	Diseño Horizontal	29
2.3.1	Curvas circulares simples	30

2.3.2	Radio mínimo de curvatura horizontal	30
2.3.3	Peralte	31
2.4	Diseño Vertical.....	32
2.4.1	Gradientes	32
2.4.2	Curvas verticales.....	32
2.5	Diseño Transversal.....	35
2.5.1	Secciones transversales.....	35
2.5.2	Áreas de las secciones transversales	37
2.5.3	Volúmenes y movimientos de tierra	37
2.5.4	Curva de masas	38
2.6	Resultados del Diseño geométrico	38
2.6.1	Velocidad de diseño.....	38
2.6.2	Curvas horizontales.....	38
2.6.3	Curvas convexas	39
2.6.4	Curvas cóncavas	40
2.6.5	Sección transversal	41
2.6.6	Volúmenes de movimiento de tierra.....	41
2.6.7	Planos.....	41
CAPÍTULO III. DISEÑO DEL PAVIMENTO		42
3.1	Definición Pavimento.....	42
3.2	Pavimento Flexible	42
3.2.1	Estructura	42
3.2.2	Diseño del pavimento por el método AASHTO 93.....	43
3.2.3	Construcción por etapas.....	49
3.3	Pavimento Rígido.....	49
3.3.1	Estructura	49
3.3.2	Diseño del pavimento rígido por el método AASHTO 93	50
3.3.3	Juntas	55
3.3.4	Sellado de juntas	56

3.4	Mejoramiento de la subrasante.....	56
3.4.1	Suelos estabilizados con cemento.....	57
3.5	Base para los agregados	57
3.6	Subbase de agregados	58
3.7	Resultados del diseño de pavimentos.....	58
3.7.1	Diseño del pavimento flexible	58
3.7.2	Diseño del pavimento rígido.....	61
	CONCLUSIONES	65
	RECOMENDACIONES	66
	REFERENCIAS	67

Índice de Tablas

Tabla I-1	Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA.....	10
Tabla I-2	Clasificación de Carreteras.....	12
Tabla I-3	Clasificación de carreteras según su función.	12
Tabla I-4	Tasas de crecimiento.	19
Tabla I-5	Total de vehículos en el conteo manual.	20
Tabla I-6	Conteo automático.....	21
Tabla I-7	Distribución del TPDAo.....	22
Tabla I-8	Distribución del TPDA futuro.....	22
Tabla I-9	Resultados de ensayo de granulometría de las calicatas 1 y 2.	23
Tabla I-10	Resultados de ensayo de granulometría de las calicatas 3 y 4.	24
Tabla I-11	Resultados de los ensayos de límites de atterberg.....	25
Tabla I-12	Características importantes para la clasificación de suelos.....	26
Tabla I-13	Resultados del ensayo del Proctor modificado.	27
Tabla II-1	Velocidades de diseño.	29
Tabla II-2	Radios recomendados por la MTOP.....	31
Tabla II-3	Valores de Gradientes recomendadas por la MOP.	32
Tabla II-4	Valores de K.	34
Tabla II-5	Valores de K.	35
Tabla II-6	Anchos recomendados por la MOP.	36
Tabla II-7	Ancho de espaldones recomendados por la MOP.	37
Tabla II-8	Pendientes de los taludes.	37
Tabla II-9	Características de las curvas circulares simples.	39
Tabla II-10	Características de las curvas verticales convexas.	40
Tabla II-11	Características de las curvas verticales cóncavas.	40
Tabla III-1	Período de diseño según el tipo de vía.....	44
Tabla III-2	Serviciabilidad.....	45
Tabla III-3	Confiabilidad.....	45
Tabla III-4	Desviación estándar normal.	46
Tabla III-5	Desviación estándar total.	46
Tabla III-6	ESALS.	47
Tabla III-7	Factor de ponderado para carril de diseño.	47
Tabla III-8	Coefficiente de Drenaje.....	49
Tabla III-9	ESALS.	52

Tabla III-10	Serviciabilidad.....	52
Tabla III-11	Desviación estándar.	53
Tabla III-12	Valores recomendados de resistencia del concreto según el tráfico. ..	54
Tabla III-13	Valores el coeficiente de transmisión de carga.....	55
Tabla III-14	Clasificación de la base.....	57
Tabla III-15	Clasificación de subbase.	58
Tabla III-16	Coeficiente de drenaje.....	59
Tabla III-17	Número estructural.....	59
Tabla III-18	Número estructural.....	60
Tabla III-19	Coeficiente de reacción combinada.	62
Tabla III-20	Módulo de rotura.....	62
Tabla III-21	Juntas transversales.	63
Tabla III-22	Juntas longitudinales.....	64

Índice de Ilustraciones

Ilustración I-1 Camino Agrícola	10
Ilustración I-2 Camino Básico.	11
Ilustración I-3 Levantamiento topográfico.....	14
Ilustración I-4 Ubicación de las calicatas.....	15
Ilustración I-5 Clasificación de los suelos.	26
Ilustración II-1 Tramo de la vía.	28
Ilustración II-2 Curva circular simple.	30
Ilustración II-3 Importancia del peralte en las curvas circulares.	31
Ilustración II-4 Tipos de curvas verticales.	33
Ilustración II-5 Secciones transversales típicas.	36
Ilustración II-6 Sección Transversal típica.	41
Ilustración III-1 Capas de un pavimento flexible.	43
Ilustración III-2 Capas de un pavimento rígido.....	50
Ilustración III-3 Diseño para 10 años.....	60
Ilustración III-4 Diseño para 20 años.....	61
Ilustración III-5 Diseño del pavimento rígido.	63

Índice de Anexos

Anexo 1 Conteo manual.....	69
Anexo 2 Cálculo del TPDA.....	73
Anexo 3 Cálculo del TPDA futuro.....	75
Anexo 4 Plano topográfico.....	77
Anexo 5 Ensayo de Granulometría.....	80
Anexo 6 Límites de Atterberg.....	89
Anexo 7 Proctor modificado.....	96
Anexo 8 CBR.....	101
Anexo 9 Movimiento de tierra.....	108
Anexo 10 Planos de diseño geométrico.....	119
Anexo 11 Cálculo ESALs.....	124
Anexo 12 Planos del pavimento.....	127
Anexo 13 Presupuesto aproximado pavimento flexible.....	129
Anexo 14 Presupuesto aproximado pavimento rígido.....	131

Introducción

La planificación y el diseño de vías son aspectos fundamentales para el desarrollo sostenible de la población. Su importancia radica en transportar bienes y facilitar el movimiento de los ciudadanos. Además, contribuye al crecimiento social y económico, pues es el medio por el que se conectan la zona rural con la urbana. Esta vía unirá este sector con una de las principales vías de la ciudad de Cuenca, sirviendo como aliviador del tránsito de calles aledañas.

El presente trabajo se centra en el proceso del diseño geométrico y de pavimentos de la vía Manuel de la Cruz y Piedra. Para ello es importante realizar estudios como topografía, estudios de tráfico y análisis del suelo. Esto con el fin de proponer soluciones viables y efectivas, que ayuden a mejorar la funcionalidad, seguridad, y durabilidad de la vía.

Objetivos

Objetivo General

Realizar el diseño geométrico y de pavimento adecuado al tráfico para la calle Manuel de la Cruz y Piedra comprendida entre la vía Cesar Andrade y Cordero y Camino a San Pedro del Cebollar, Sector Racar Plaza en el cantón Cuenca de la provincia del Azuay.

Objetivos Específicos

- Recolectar la información de tráfico y estudios de suelo, necesaria para el diseño vial.
- Elaborar el diseño geométrico en base a las condiciones actuales que presenta la vía, buscando la optimización de la misma.
- Realizar el diseño del pavimento con base a las proyecciones del tráfico y las condiciones actuales del suelo presentes en la zona.

Alcance

El trabajo se enfoca en el diseño de la vía, por lo que se necesitan los planos para construirla y se levantará información en campo como, levantamiento topográfico, toma de muestras de suelo y conteos vehiculares, todo para su posterior estudio y análisis. El conocer la zona, sus dificultades y sus características son de gran ayuda para tomar decisiones dentro del diseño.

Dentro del proceso del diseño geométrico, se abordará el diseño vertical, horizontal y transversal. Por otra parte, para el diseño de pavimentos, se consideran dos alternativas de materiales: pavimento rígido y pavimento flexible.

Todos los estudios deben cumplir con los diferentes reglamentos especificados para cada caso. Los estudios de suelos deben guiarse en las normativas de la AASHTO, mientras que, para el diseño vial se siguen los parámetros de la MTOP 2002, NEVI-12 y MTC.

Problemática y justificación

La vía sirve como medio de enlace entre la población rural con la calle San Pedro del Cebollar, considerada una de las vías principales de la ciudad de Cuenca. Además de ello, es usada como vía alterna por el transporte escolar de los diversos centros educativos ubicados en el sector, siendo el caso de la Unidad Educativa Santa Ana.

La implementación de una carretera que cumpla con las necesidades de los moradores ayudará a reducir los tiempos de traslados, además de aportar con beneficios, como un plan integral para un servicio de alcantarillado. Esto debido a que, la mayoría de la población del sector carecen de este servicio básico. Por estos motivos es importante la implementación de una vía en condiciones óptimas.

En los primeros metros, la vía colinda con la calle San Pedro del Cebollar, en la cual se encuentra la Plaza Racar y las bodegas de Coral Hipermercados. En consecuencia, la vía es utilizada por diferentes camiones proveedores y despachadores, generando congestión vehicular en el transcurso del día, debido a que, los conductores de estos vehículos estacionan en los laterales de la vía.

En la vía, existe también una empresa dedicada a la fabricación de plástico Consuplast, generando una congestión vehicular aún mayor, pues, circulan varios camiones con materia prima que se dirige hacia la fábrica y posteriormente distribuyen el producto elaborado, causando insatisfacción entre los residentes del sector.

La vía Manuel de la Cruz y Piedra actualmente se encuentra conformada por material de mejoramiento, el cual ha generado levantamientos de polvo, la presencia de baches y barro. Por otra parte, al existir anchos de vía variables, se hace peligrosa la movilización. Es importante mencionar que, se han realizado varios mantenimientos por parte de las autoridades, sin embargo, esta es una solución a corto plazo, tanto por las características que presenta el material, como por las ventajas en términos económicos. En consecuencia, en la actualidad se cuenta con una vía que no satisface las necesidades de la población, puesto que, al momento de movilizarse esperan hacerlo de una manera eficiente y rápida para lograr realizar sus actividades diarias.

Un diseño adecuado de la vía, con una capa de rodadura que cumpla las necesidades actuales y futuras de tráfico, permite establecer una circulación ordenada y amigable con el entorno, además de eliminar incomodidades al momento de transitar sobre ella. Por otra parte, cumplir con la normativa y las especificaciones técnicas, permite establecer normas de tránsito como: respetar al peatón, controlar la velocidad y

respetar los sentidos y carriles de circulación, garantizando una circulación cómoda y segura para el usuario.

Con la implementación de la vía, las propiedades existentes en la zona podrían incrementar su plusvalía, gracias a las mejoras que se obtienen tras la construcción de la vía. En consecuencia, existe la posibilidad de que la población de la zona experimente un crecimiento organizado. Se puede tomar como ejemplo las ciudades europeas, donde se ha logrado un crecimiento planificado que previene la sobrepoblación y la congestión del tráfico en la región.

Cuando se cuenta con la existencia de una comunidad ya consolidada, se prioriza mantener el entorno actual de la zona sin afectar las infraestructuras. Por ende, esto obliga a colocar la vía por las cotas y abscisas puntuales, acoplándose de la mejor manera posible.

Un correcto levantamiento y análisis de información permite escoger una velocidad de diseño para la zona, además de seleccionar los radios de giros adecuados, peralte, distancias de visibilidad, pendientes, taludes y cortes, logrando que la vía se adapte de manera adecuada sin afectar el entorno.

Con la obtención del tráfico futuro de la vía se procede a realizar un diseño de la capa del pavimento con los espesores y especificaciones adecuadas, teniendo en cuenta el tipo y cantidad de vehículos que transitan por la zona. Adicionalmente, se debe considerar el mantenimiento respectivo para que la obra cumpla con su tiempo de vida útil.

El diseño de una vía construirá las bases para un próximo diseño integral de la vía, con trabajos complementarios como: obras de drenaje, obras de arte menor y análisis de factibilidad.

Antecedentes

La vía no cuenta con ningún estudio previo realizado por las entidades correspondientes, por lo que, la información sobre la misma era inexistente. Según el levantamiento de información realizada, la vía cuenta con material granular y presenta anchos de calzada variables, junto con irregularidades y drenaje inadecuado.

Capítulo I. Estudios preliminares

1.1 Estudios de tráfico

1.1.1 Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular

Como uno de los primeros pasos para el diseño vial se debe obtener las tasas de crecimiento vehicular. Es por medio del cálculo del TPDA, en el cual se utilizará el método logit, que es utilizado para realizar proyecciones e identificar factores de riesgos. Con este modelo se pueden generar clasificaciones de cada elemento, identificar y clasificar las variables, en base a su importancia, para cuantificar este factor se usa la ecuación 1 (LLANO DÍAZ & MOSQUERA CAICEDO, 2006).

$$T_m = \frac{T_s}{1 + e^{a+bt}} \quad (1)$$

Donde

T_m: Tasa de motorización.

T_s: Tasa de saturación.

t: Tiempo en años.

“a” y “b”: Constantes.

1.1.2 Tráfico actual

Con el levantamiento de información en campo, junto con los conteos manuales y automáticos realizados, se obtiene el volumen actual de vehículos. Para ello, se llevó a cabo un análisis para la colocación estratégica de una estación de conteo vehicular, la cual fue ubicada en la calle Manuel de la Cruz y Piedra, cerca de la entrada a las bodegas del Racar Plaza. Se dividió el conteo en los sentidos de circulación, uno de subida y el otro de bajada, además, se hizo uso de una hoja de conteo en el formato descrito en el Anexo 2. El conteo se realizó desde las 6:00 a.m. hasta las 18:00 p.m, acumulando un total de 12 horas de conteo.

1.1.3 Cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA)

Elaborar el diseño de una vía o un tramo de esta, implica la recolección de información del tráfico, volúmenes y tipos de vehículos que transitan en la carretera, con el fin de comparar los datos obtenidos con la capacidad de vehículos que puede absorber una carretera.

En nuestro país una de las metodologías para el diseño, es considerar el tránsito, debido a que, es un factor determinante y puede llegar a afectar de forma directa al diseño geométrico (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, [MTOP], 2003).

Para conocer el TPDA se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

-Si la vía cuenta con un sentido, solo se tomará ese sentido.

-Si la vía cuenta con dos sentidos, se toman los volúmenes de ambos.

En un caso ideal, para conocer la información de la vía, se realiza un conteo continuo durante todo un año o varios años. Esto es difícil de conseguir por los altos costos y tiempo que implicaría, además de que la base de datos sería exageradamente grande (MTOP,2003).

Otra opción para encontrar el TPDA de la vía, es realizar un conteo manual durante una semana o 4 días como mínimo, según lo recomienda la MOP. Un factor importante para realizar el conteo es la época del año, para esto se debe escoger una fecha en la que el tráfico de la vía no se vea afectado por ninguna situación externa, aproximándose a las condiciones habituales de la vía (MTOP,2003).

Finalmente, se tiene la utilización de los factores horario, diario, semanal y mensual para la estimación aproximada del tráfico promedio diario anual (TPDA), en este método es necesario disponer de un conteo manual y un automático.

La fórmula para la determinación del TPDA en base a la (MTOP,2003) se muestra en la ecuación 2.

$$TPDA = T_o * FH * FD * FS * FM \quad (2)$$

Donde:

To: Tráfico actual.

FH: Factor horario.

FD: Factor diario.

FS: Factor semanal.

FM: Factor mensual.

El uso de los factores descritos depende exclusivamente del tipo de levantamiento de información, cuanto mayor sea la información levantada más se asemeja con las condiciones reales de la vía, el material disponible, por esto la variabilidad del uso de los factores (MTOP,2003).

1.1.4 Tráfico futuro T_f

El tráfico futuro (T_f) es un pronóstico del volumen y composición del tráfico actual, en nuestro país estas proyecciones normalmente tienen un periodo entre 15 a 20 años depende la magnitud del proyecto a realizar, teniendo en cuenta un crecimiento normal, el crecimiento por desarrollo y el crecimiento generado por el tráfico (MTOPI,2003).

Estas proyecciones en el entorno se utilizan para conocer de una mejor manera el momento en el que la carretera debe mejorar su capa de rodadura o aumentar su capacidad. Adicionalmente, el T_f se usa para la clasificación de las carreteras e interviene directamente en la selección de la velocidad de diseño correspondiente (MTOPI,2003).

Para el cálculo del T_f se utilizará la fórmula 3 de proyección, en base a la (MTOPI,2003), tasa de crecimiento poblacional que se muestra a continuación.

$$T_f = T_o * (1 + i)^n \quad (3)$$

Donde:

T_f : Tráfico futuro.

T_o : Tráfico actual.

i : Tasa de crecimiento del tráfico.

n : Número de años proyectados.

1.1.5 Clasificación por capacidad en función del TPDA

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador en el año 2013, presentó una actualización al nuevo reglamento para estudios y diseños viales, con la misión y visión de mejorar el modelo existente, ya que constantemente existen nuevos avances y necesidades de la población, reglamentos internacionales y se debe adaptar según las condiciones propias de cada país.

En esta actualización de la norma se toma en cuenta a todos los usuarios, enfocándose en el estado actual y focalizándose en el futuro. Por lo que, es más incluyente, tomando en cuenta las necesidades de zonas rurales, estableciendo anchos básicos y mínimos para distintos proyectos basándose en las necesidades de cada uno. (Norma Ecuatoriana Vial, [NEVI-12 Volumen 2A], 2013).

Con todos los aspectos mencionados, se establece una clasificación de las vías en base al TPDA, considerando el año horizonte de diseño. En la tabla I-1 se puede observar la clasificación de las vías en base al TPDA.

Tabla I-1

Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA

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

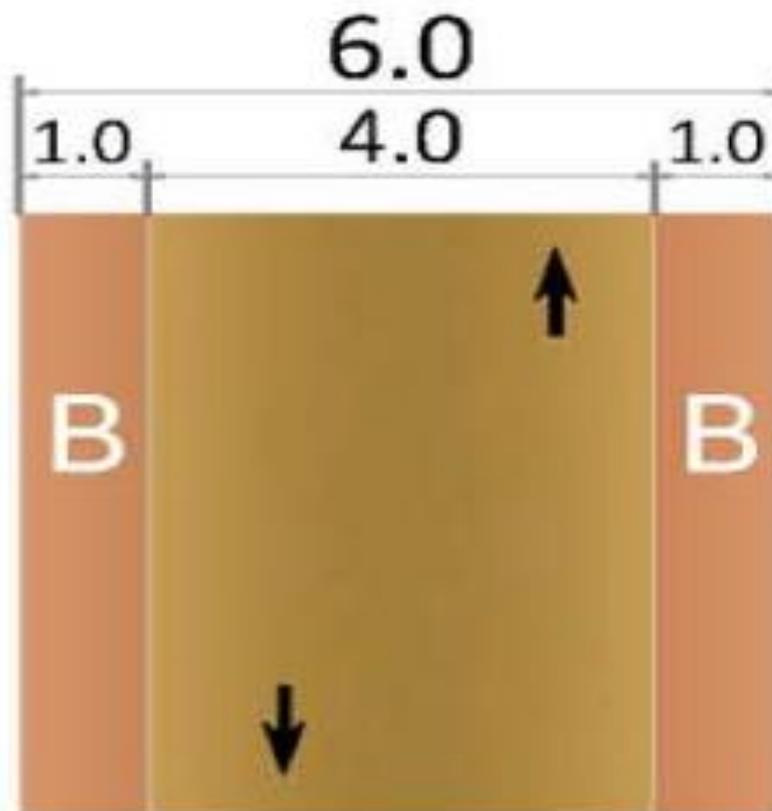
Fuente: (NEVI-12 Volumen 2A, 2013).

Clasificación en base al desempeño de las carreteras.

La categorización se realiza según el rendimiento de las carreteras y se fundamenta en el plan estratégico de movilidad, basado en el desempeño.

En la ilustración I-1 se puede observar la composición de un camino agrícola o forestal.

Ilustración I-1 Camino Agrícola

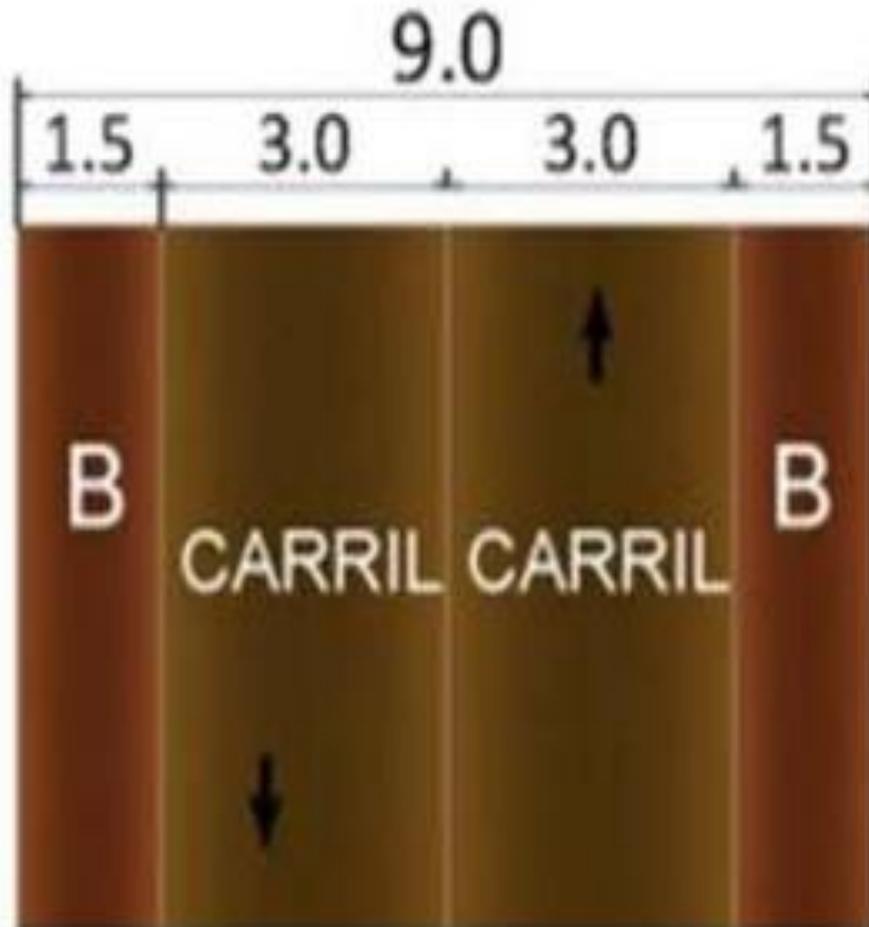


Fuente: (NEVI-12 Volumen 2A, 2013).

La velocidad de proyecto recomendada es de 40 km/h con una pendiente máxima del 16% (NEVI-12 Volumen 2A, 2013).

La ilustración I-2 muestra las características necesarias de una vía para pertenecer a la clasificación de un camino básico.

Ilustración I-2 Camino Básico.



Fuente: (NEVI-12 Volumen 2A, 2013).

La velocidad para este tipo de proyecto debe ser de 60 km/h, con una pendiente máxima del 14% (NEVI-12 Volumen 2A, 2013).

1.1.6 Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico

Para el diseño de carreteras en el país, se recomienda la clasificación en función del pronóstico del tráfico futuro, para un período de 15 o 20 años (MTO, 2003). Como se muestra en la tabla I-2, la vía se clasifica dependiendo de su TPDA.

Tabla I-2

Clasificación de Carreteras

CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
Clase de carretera	Tráfico Proyectado TPDA
R-I o R-II	Más de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
III	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: (MTOPI, 2003).

Nota: Según el TPDA el tipo de vía R-I es considerada como la de mayor tráfico y la vía V considera como vía vecinal.

1.1.7 Clasificación de carretera.

En el país, el (MTOPI, 2003) ha clasificado las carreteras según el grado de importancia basándose principalmente en el volumen del tráfico y el número de calzadas. Las vías deberán diseñarse con las características geométricas correspondientes a su clase según lo indique la tabla I-3 (MTOPI, 2003).

Tabla I-3

Clasificación de carreteras según su función.

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

Fuente: (MTOPI, 2003).

Nota: Se clasifica las carreteras según su función y el TPDA.

1.1.7.1 Corredores Arteriales

Los corredores arteriales se denominan carreteras que se clasifican en vías de calzadas separadas autopistas y vías de calzadas únicas Clase I y II (MTOPI, 2003).

En el primer grupo se tiene un control de accesos, restringiendo el uso de la carretera a ciertos tipos automóviles. El segundo grupo, forma gran parte de las carreteras, mantienen una sola superficie con dos carriles de circulación en ambas direcciones y con espaldones a cada lado (MTOPI, 2003).

1.1.7.2 Vías Colectoras

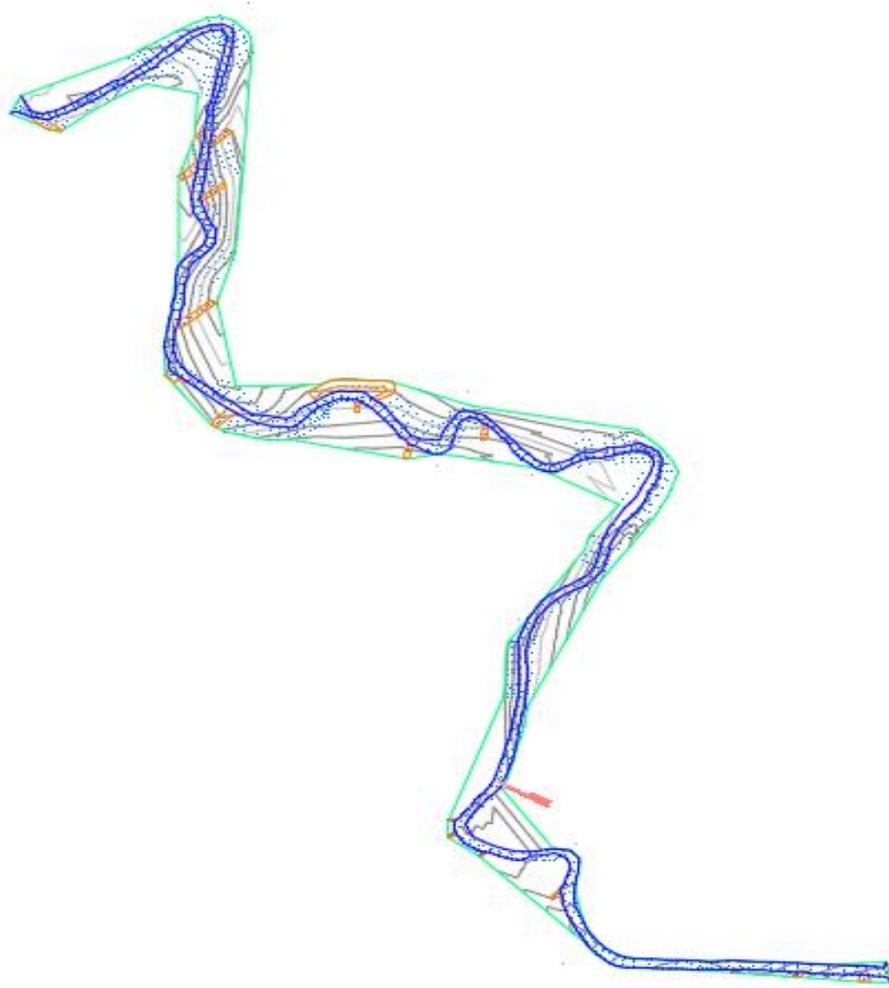
Las vías colectoras se componen por las carreteras clasificadas en niveles I, II, III, IV según su relevancia. Estos tramos absorben el tráfico proveniente de los caminos vecinales y los que se enlazan con las arterias principales. (MTOP, 2003).

1.1.7.3 Caminos Vecinales

Los caminos vecinales comprenden todos los senderos rurales que no se encuentren en las designaciones previas, constituyendo vías de clase cuarta y quinta clase (MTOP, 2003).

1.2 Estudio topográfico

Un estudio topográfico de la franja vial es una actividad muy común para identificar el estado actual de la vía. Esto para la recolección de distintas variables que influyen en el diseño, como: la pendiente longitudinal, transversal de la vía y el ancho de franja. El levantamiento topográfico se realizó con una estación total que posee una precisión de 10 segundos. En la ilustración I-3 se puede observar la información levantada.

Ilustración I-3 Levantamiento topográfico

Fuente: Elaboración propia (2024).

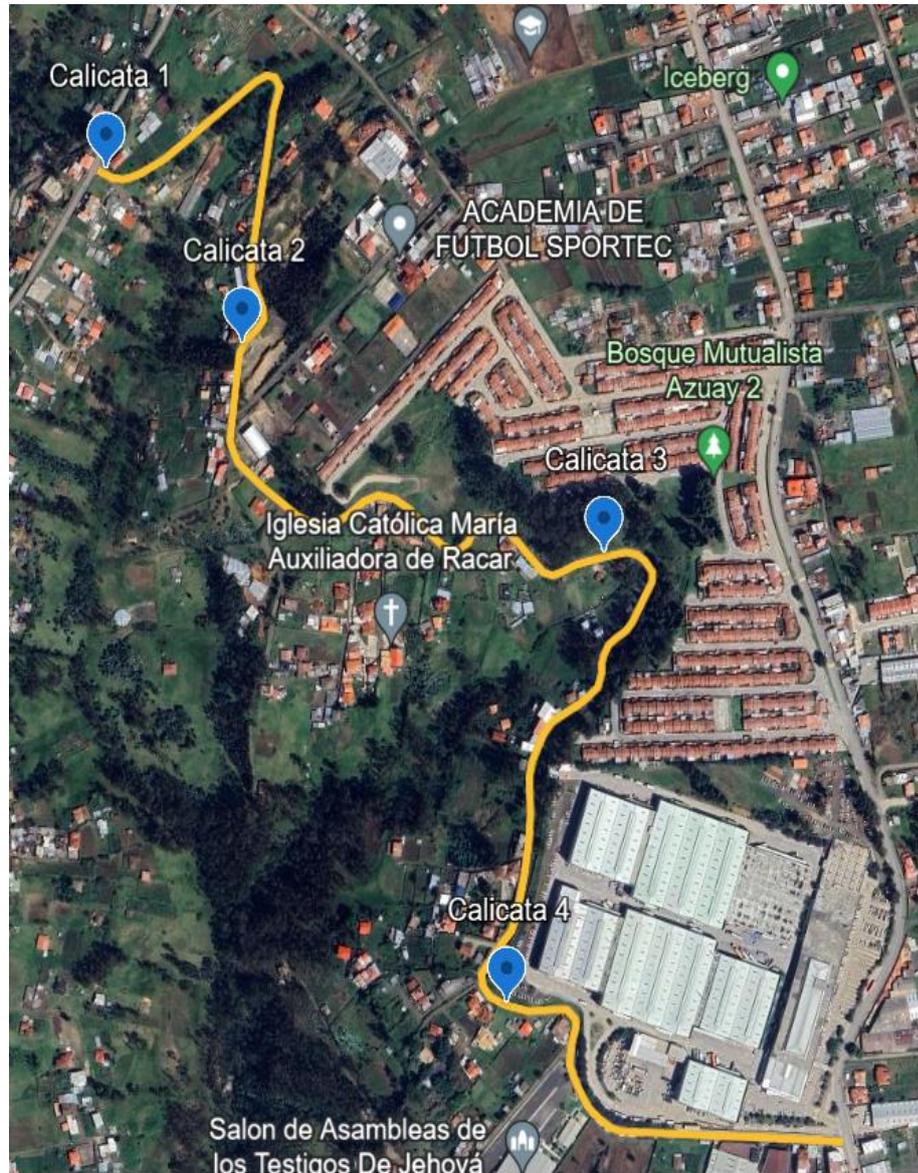
El levantamiento topográfico es la base para el diseño geométrico, con el cual se diseñarán los radios de curva. Estos temas serán tratados a profundidad en el capítulo 2 y se adjunta el plano topográfico en el Anexo 4.

1.3 Estudio de la subrasante

1.3.1 Extracción de calicatas

Una calicata es la excavación para la extracción de muestras, sirve para analizar la composición y características del suelo, además de poder observar de manera directa en campo.

El principal objetivo de una calicata es el reconocimiento geotécnico del área. Para este estudio se realizaron un total de 4 calicatas en la vía, ubicadas cada 500 m aproximadamente, tal como se muestra en la Ilustración I-4.

Ilustración I-4 Ubicación de las calicatas

Fuente: Elaboración propia (2024).

La extracción de calicatas se realizó mediante una excavación mecánica, con ayuda de una retroexcavadora. Las excavaciones se realizaron de un agujero de 1.5m de profundidad, en el que se extrajo muestras cada 0.5m de profundidad, dando un total de 3 muestras por calicata.

Las muestras de suelo obtenidas fueron selladas, etiquetadas e identificadas de acuerdo al número de calicatas y su profundidad, evitando alterar las mismas. Esto para posteriormente trasladarlas al laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la Universidad del Azuay para su respectivo análisis.

En la extracción de las calicatas se logró apreciar que los primeros 50 cm de profundidad, se encuentra presente material orgánico, el cual altera la composición del mismo. En algunas de las muestras se encontraron fragmentos de material de reposición de construcciones, este no fue considerado dentro del análisis.

1.3.2 Ensayos realizados en laboratorio

En la ingeniería civil, uno de los factores más variables en un proyecto, es el tipo de suelo y la estratigrafía del mismo. Debido a esto, es importante conocer el tipo de suelo en el que se va a realizar la obra.

Para determinar el tipo de suelo, es necesario realizar los distintos ensayos que se describen a continuación.

1.3.2.1 Contenido de humedad

El primer ensayo a realizarse es la obtención de la humedad del suelo, para ello se pesa la muestra de suelo con su humedad natural y se la etiqueta en un molde. Luego se la coloca en un horno por 24 horas a 100°C, posteriormente se pesa la muestra seca y se procede a calcular el contenido de humedad con la Fórmula 4 (Das, 2001).

$$\frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} * 100 \quad (4)$$

Donde

m2: Masa del recipiente más el suelo húmedo.

m3: Masa del recipiente más el suelo seco.

m1: Masa del recipiente.

1.3.3 Análisis Granulométrico por lavado

El ensayo implica el paso de la muestra a través de varios tamices con diferentes tamaños de abertura en la malla. Esta técnica es usada principalmente en Estados Unidos y el resto del mundo (Das, 2001). El movimiento de los tamices se puede hacer manualmente o con un agitador mecánico.

Para comenzar el ensayo se debe pesar una muestra de suelo seca, para posteriormente pasar al lavado y secado final, que se lo realiza a 100°C durante 24 horas. Al siguiente día se procede a disgregar la muestra para empezar con el tamizado a través de los siguientes tamices:

- 3 in
- 2 in
- 1 ½ in

- 1 in
- ¾ in
- ½ in
- 3/8 in
- N° 4
- N° 10
- N° 16
- N° 30
- N° 40
- N° 50
- N° 100
- N° 200

Al concluir, se pesa la cantidad de masa retenida en cada tamiz, con el fin de conocer el porcentaje de material que ha pasado y el que ha quedado retenido en cada tamiz (Das, 2001).

1.3.4 Límites de Atterberg

Estos límites sirven para clasificar al suelo dependiendo de la plasticidad y contenido de humedad, lo que proporciona una idea del actuar cuando está sometido bajo las distintas cargas, además permite comprender la capacidad de estirarse sin sufrir daños (Das, 2001).

Este sistema se clasifica en base al contenido de agua, categorizando al suelo en cuatro estados: sólido, semisólido, plástico y líquido (Das, 2001).

Límite líquido: Consiste en determinar el porcentaje de humedad necesario para cerrar un espacio de 1.27 cm. Se coloca en la copa de bronce una muestra de suelo previamente mezclada con agua. Luego se corta con el ranurador para cerrarlo con 25 golpes, si no se cierra con la cantidad de golpes dichos se debe repetir el proceso (Das, 2001).

Con la cantidad de golpes ideal, el proceso debe repetirse 4 veces como mínimo, aumentando el contenido de humedad paulatinamente para conseguir mejores resultados (Das, 2001).

Límite plástico: Sobre un fragmento de vidrio estandarizado, se realizan rollos de suelo con un diámetro de 3.2 mm aproximadamente, esto hasta notar una fisura o rotura en

la muestra. Es importante modificar progresivamente el porcentaje de agua (Das, 2001).

Índice de plasticidad; Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (Das, 2001).

1.3.5 Clasificación de suelos

Los sistemas de clasificación permiten expresar de forma concisa las características de los suelos. Actualmente existen dos métodos que clasifican los suelos según la granulometría y su plasticidad.

El primer sistema es la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), usado principalmente para la construcción y diseño de carreteras. Así también existe el método SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), usado generalmente por geólogos e ingenieros (Das, 2001).

Para fines prácticos en el presente trabajo de titulación se empleó el método AASHTO.

1.3.5.1 Clasificación de suelos AASHTO

El sistema AASHTO, divide los suelos en dos grupos. En los suelos de material granular (A-1, A-2, A-3), el 35% o menos de su masa pasa por el tamiz N° 200. Mientras que, en el grupo de suelos tipo limo o arcilla (A-4, A-5, A-6, A-7), más del 35% de su masa pasa a través del tamiz N°200 (Das, 2001).

1.3.6 Proctor modificado

Con este ensayo se busca el porcentaje de humedad óptima del suelo, ayudando a conocer la capacidad de compactación. Para esto, se modifica el contenido de agua en la muestra de suelo incrementando el 5%. El ensayo consiste en realizar 25 golpes por capa con un martillo de pistón de 44,5 N y con un ritmo constante, se deben realizar 5 capas (Das, 2001).

El ensayo se realiza dependiendo de la cantidad de finos y gravas que contenga suelo, esto se obtiene en el ensayo de granulometría, dando el tipo de molde a usar y cómo realizarlo, usado en la ASTM.

1.3.7 California Bearing Ratio (CBR)

Este ensayo sirve para conocer la capacidad portante del suelo, pues es fundamental dentro de la construcción de carreteras, dando a conocer si esta necesita material de mejoramiento o reemplazo de los distintos estratos del suelo (Das, 2001).

En un molde, la muestra de suelo se mezcla con el contenido de humedad óptimo del ensayo Proctor, a través de un pistón se mide el índice de penetración, lo obtenido se compara con los obtenido de la tabla según (Das, 2001).

1.4 Resultados de los estudios preliminares.

1.4.1 Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular

Para generar la tabla de tasas de crecimiento, primero se investigó acerca de los censos realizados en la provincia de la Azuay, desde el año 1950 hasta el 2022. Obteniendo datos sobre los vehículos livianos matriculados dentro de estos años. Todos los datos se encontraron en documentos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Las tasas de crecimiento se muestran en la tabla I-4.

Tabla I-4

Tasas de crecimiento.

Tasa de crecimiento			
Año	Livianos	Buses	Camiones
2020-2025	4,335%	1,554%	1,554%
2025-2030	3,141%	0,991%	0,991%
2030-2035	2,617%	0,991%	0,991%
2035-2040	2,193%	0,991%	0,991%
2040-2045	1,864%	0,991%	0,991%
2045-2050	1,616%	0,991%	0,991%

Fuente: Elaboración propia (2024).

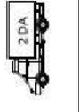
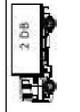
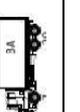
Se observó una tasa de crecimiento mayor en el periodo 2020-2025, alcanzando en los vehículos livianos un 4.335%, en contraste con el 1.554% registrado para los camiones y buses. En los años posteriores se detectó un descenso en las tasas de crecimiento de los vehículos livianos, mientras que las tasas de camiones y buses permanecieron en un 0.991% en todos los periodos.

1.4.2 Conteo manual.

Para calcular el porcentaje de vehículos que transitan por la vía, se requirió de un conteo manual. En este se contabilizo un total de 1112 vehículos, separados en las categorías como se muestra en la tabla I-5. Este conteo se realizó en un lapso de 12 horas.

Tabla I-5

Total de vehículos en el conteo manual.

Automóviles		Camiones				Bus	Volqueta	Total
Livianos	Camionetas/SUV	2D	2DA	2DB	3A			
	 							
343	341	70	121	176	54	3	4	1112
30.58%	30.67%	6.29%	10.88%	15.83%	4.86%	0.27%	0.36%	100%

Fuente: Elaboración propia (2024).

Nota: Total de los vehículos que circulan en la vía agrupados por categorías.

Se constató que el vehículo liviano fue el predominante, totalizando 684 vehículos, lo que representa el 60.61% del total con respecto a las demás categorías. En el Anexo 1 se presenta el conteo manual completo, registrado cada 15 minutos en ambas direcciones de circulación.

1.4.3 *Conteo automático*

Se utilizó una cámara proporcionada por un habitante del sector, ubicada en la intersección con la calle Andrade y Cordero, que grabó durante 24 horas el total de vehículos.

En el conteo automático se alcanzó un total de 497 vehículos, desde las 00:00 horas del día lunes 29 de febrero hasta las 24:00 del día domingo 4 de marzo. El total del conteo separado por días y horas se muestra en la tabla I-6.

Tabla I-6

Conteo automático

CONTEO AUTOMÁTICO							
HORAS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
00:00-01:00	7	1	0	1	0	2	3
01:00-02:00	2	0	0	1	2	4	4
02:00-03:00	0	0	0	0	2	4	10
03:00-04:00	0	0	0	0	0	1	1
04:00-05:00	3	3	2	2	2	3	2
05:00-06:00	6	5	6	5	9	6	3
06:00-07:00	54	54	49	49	42	18	9
07:00-08:00	91	109	113	97	65	35	22
08:00-09:00	49	38	41	37	46	26	24
09:00-10:00	37	30	22	33	17	25	30
10:00-11:00	32	12	32	21	18	44	49
11:00-12:00	34	37	27	20	39	43	43
12:00-13:00	57	56	55	52	48	44	36
13:00-14:00	78	74	61	76	71	48	47
14:00-15:00	37	31	31	38	29	48	44
15:00-16:00	34	35	31	39	17	34	53
16:00-17:00	30	19	22	24	28	46	37
17:00-18:00	42	33	32	34	35	48	43
18:00-19:00	49	39	45	35	40	37	27
19:00-20:00	33	25	33	46	38	47	32
20:00-21:00	28	25	20	21	34	21	21
21:00-22:00	17	10	18	12	19	21	16
22:00-23:00	12	4	7	5	10	8	18
23:00-24:00	1	3	2	4	8	7	7
TOTAL	733	643	649	652	619	620	581

Fuente: Elaboración propia (2024).

La tabla I-6 reveló que los fines de semana registraban menor flujo vehicular respecto a los días laborables. Esta situación se explicaba por el desplazamiento de los moradores hacia diferentes zonas para llevar a cabo sus actividades diarias, lo que resultaba un aumento en el tráfico.

Los datos obtenidos en el conteo manual y automático fueron utilizados para calcular el tráfico futuro, TPDA y clasificar la vía.

1.4.4 Tráfico promedio diario anual TPDA

Después de haber realizado los respectivos conteos, se necesitó investigar el consumo de combustible de la ciudad de Cuenca, para calcular el TPDA mediante factores de expansión.

Además, es importante recalcar que se realizó un promedio semanal del conteo automático, a partir de ello, se calculó el TPDAo, dando un valor de 582 vehículos que

se distribuyeron en livianos, camionetas y SUV, camiones, buses y volquetas. Esta distribución se puede apreciar en la Tabla I-7.

Tabla I-7

Distribución del TPDAo

Distribución de vehículos del TPDAo									
	Automóviles		Camiones				Bus	Volqueta	Total
	Vehículos livianos	Camionetas/SUV	2D	2DA	2DB	3A			
									
Total	180	178	37	63	92	28	2	2	582

Fuente: Elaboración propia (2024).

Se observo una predominancia de vehículos livianos con 358 vehículos, un 61.51 % del total de vehículos. Los factores de expansión se presentan en el Anexo 2.

1.4.5 Tráfico futuro Tf

Obtenido el TPDA y las tasas de crecimiento, se realizó una proyección del tráfico para 23 años, considerando 3 años de concepción del proyecto y 20 años de vida útil de la obra. Con estos datos y consideraciones se estimó el TPDA, resultando 918 vehículos que se distribuyeron en livianos, camionetas y SUV, camiones, buses y volquetas. Esta distribución se presenta en la tabla I-8.

Tabla I-8

Distribución del TPDA futuro.

Distribución de vehículos del TPDAf									
	Automóviles		Camiones				Bus	Volqueta	Total
	Vehículos livianos	Camionetas/SUV	2D	2DA	2DB	3A			
									
Total	315	313	42	86	117	32	7	6	918

Fuente: Elaboración propia (2024).

Se apreció un mayor crecimiento en los vehículos livianos, con un total de 628 con respecto a las demás categorías, esto reflejó una tasa de crecimiento alta. El crecimiento vehicular año a año se muestra en el Anexo 3.

1.4.6 Clasificación de la vía de acuerdo al tráfico

La MTOP 2003 realizó una clasificación de carreteras en base al TPDA futuro, la vía es catalogada como una carretera clase III colectora, ya que, cuenta con un TPDA futuro de 918 vehículos. Sin embargo, lo que se observa en campo no refleja la realidad, pues, la zona se encuentra inmersa en una expansión urbana consolidada. Los

viajes y desplazamientos se limitaban dentro de la ciudad, lo que implicaba que la vía ya no pertenecía a la red estatal.

Con ayuda de la NEVI-12, se clasificó a la vía como una carretera de dos carriles C2 o camino básico, similar a las características de una carretera clase V colectora.

1.4.7 Ensayo granulométrico

El ensayo granulométrico es el primero de los ensayos necesarios para la clasificación de suelos, en las tablas I-9 y I-10 se puede observar el porcentaje de material retenido y pasante de los diferentes tamices de las 4 calicatas.

Tabla I-9

Resultados de ensayo de granulometría de las calicatas 1 y 2.

Tamiz		Calicata 1				Calicata 2			
		Estrato 2		Estrato 3		Estrato 2		Estrato 3	
Pulgadas	mm	% Retenido	% Pasante						
3	75	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
2	50	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
1 1/2	37,5	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
1	25	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
3/4	19	3%	97%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
1/2	12,5	6%	94%	5%	95%	1%	99%	2%	98%
3/8	9,5	9%	91%	8%	92%	1%	99%	3%	97%
N°40	4,75	19%	81%	12%	88%	6%	94%	7%	93%
N°10	2	29%	71%	19%	81%	22%	78%	29%	71%
N°16	0,85	34%	66%	24%	76%	33%	67%	40%	60%
N°30	0,6	38%	62%	29%	71%	43%	57%	50%	50%
N°40	0,425	41%	59%	33%	67%	47%	53%	53%	47%
N°50	0,25	44%	56%	35%	65%	50%	50%	56%	44%
N°100	0,15	46%	54%	39%	61%	54%	46%	60%	40%
N°200	0,075	46%	54%	41%	59%	59%	41%	64%	36%
Masa pasa N°200		49%	51%	42%	58%	60%	40%	66%	34%

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla I-10

Resultados de ensayo de granulometría de las calicatas 3 y 4.

Tamiz		Calicata 1				Calicata 2			
		Estrato 2		Estrato 3		Estrato 2		Estrato 3	
Pulgadas	mm	% Retenido	% Pasante						
3	75	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
2	50	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
1 1/2	37,5	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
1	25	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
3/4	19	3%	97%	0%	100%	0%	100%	0%	100%
1/2	12,5	6%	94%	5%	95%	1%	99%	2%	98%
3/8	9,5	9%	91%	8%	92%	1%	99%	3%	97%
N°40	4,75	19%	81%	12%	88%	6%	94%	7%	93%
N°10	2	29%	71%	19%	81%	22%	78%	29%	71%
N°16	0,85	34%	66%	24%	76%	33%	67%	40%	60%
N°30	0,6	38%	62%	29%	71%	43%	57%	50%	50%
N°40	0,425	41%	59%	33%	67%	47%	53%	53%	47%
N°50	0,25	44%	56%	35%	65%	50%	50%	56%	44%
N°100	0,15	46%	54%	39%	61%	54%	46%	60%	40%
N°200	0,075	46%	54%	41%	59%	59%	41%	64%	36%
Masa pasa N°200		49%	51%	42%	58%	60%	40%	66%	34%

Fuente: Elaboración propia (2024).

En las tablas I-9 y I-10, los resultados indican que 1 de 8 muestras pasaron menos del 35% el tamiz N°200, mientras que, las demás muestras pasaron más del 35%.

El procedimiento realizado del ensayo y el total de los resultados se muestran en el Anexo 5.

1.4.8 Límites de atterberg

Los límites de Atterberg fueron tres pruebas de laboratorio: límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, usados para clasificar los suelos. En la tabla I-11 se muestran los resultados de los tres ensayos.

Tabla I-11

Resultados de los ensayos de límites de atterberg.

Calicata	Estrato	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
1	2	47%	38%	9%
	3	40%	36%	4%
2	2	52%	34%	18%
	3	58%	36%	22%
3	2	56%	34%	22%
	3	46%	40%	6%
4	2	59%	44%	15%
	3	75%	46%	29%

Fuente: Elaboración propia (2024).

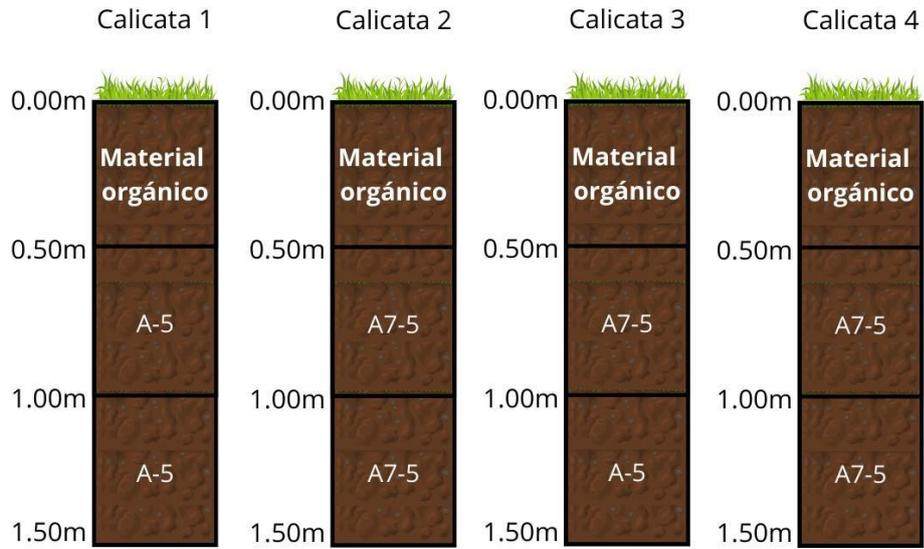
En la tabla I-11 se observó que solo un estrato de suelo contiene un límite líquido menor o igual a 40%, mientras que, los estratos restantes son mayores a 40%. Además, las muestras de suelo presentaron un índice de plasticidad menor a 10% en 3 de los 8 estratos. Todos los pasos necesarios para este ensayo se muestran en el Anexo 6.

1.4.9 Clasificación AASHTO

Para la clasificación de los suelos, se necesitó realizar todos los ensayos presentados anteriormente para conocer sus características. El resumen de datos obtenidos se muestra en la tabla I-12.

Por otra parte, en la ilustración I-5 se aprecian la clasificación de suelos de las distintas calicatas.

Ilustración I-5 Clasificación de los suelos.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla I-12

Características importantes para la clasificación de suelos.

Calicata	Estrato	% pasante el tamiz 200	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
1	2	54%	47%	38%	9%
	3	59%	40%	36%	4%
2	2	41%	52%	34%	18%
	3	36%	58%	36%	22%
3	2	77%	56%	34%	22%
	3	73%	46%	40%	6%
4	2	90%	59%	44%	15%
	3	86%	75%	46%	29%

Fuente: Elaboración propia (2024).

Nota: Características de los suelos obtenidos en el laboratorio de cada estrato.

Según lo mostrado en la tabla I-12, tres de las cuatro calicatas tenían características similares en los estratos adyacentes, en las profundidades de 1 m y 1.5 m.

1.4.10 Proctor modificado.

Dado que las muestras de suelos adyacentes presentaron características similares, se combinaron las muestras tomadas a 1 m y 1.5 m de profundidad. Para calcular la humedad óptima y la densidad seca máxima. Como se muestra en la tabla I-13.

Tabla I-13

Resultados del ensayo del Proctor modificado.

Calicata	Humedad óptima	Densidad seca máxima (g/cm ³)
1	22,53%	1,56
2	16,80%	1,71
3	18,50%	1,50
4	28,81%	1,37

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla I-13 se apreció que la calicata cuatro el suelo requería un mayor porcentaje de humedad para alcanzar su densidad seca máxima. Por otro lado, la calicata dos el suelo tenía una mayor densidad 1.71 g/cm³. Los detalles completos se encuentran en el anexo 7.

1.4.11 California Bearing Ratio (CBR)

Como el laboratorio de suelos y materiales de construcción de la Universidad del Azuay carece del equipamiento necesario para este estudio, las muestras de suelo se enviaron a un laboratorio privado. El cual proporcionó los siguientes valores de CBR:

- Calicata 2; C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1”: 5.35%
- Calicata 3; C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1”: 3.27%

El valor ponderado de CBR es de 3.8%.

El total de resultados obtenidos por el laboratorio se muestran en el Anexo 8.

Capítulo II. Diseño Geométrico

2.1 Estado actual de la vía

La vía se extiende desde la entrada a la plaza de Racar hasta la intersección con la calle Cesar Andrade y Cordero. Tiene anchos variables, está conformada con un material de lastre, manteniendo una pendiente de bombeo baja durante todo el trayecto. La zona tiene una estratigrafía de suelos con características muy pobres, algunas áreas experimentan acumulación de agua, lo que dificulta una adecuada filtración.

Además, la mayoría de las personas reside en casas ubicadas en los costados de la vía. La gran cantidad de vehículos que transitan por ella genera una considerable cantidad de polvo, lo cual dificulta la respiración de una manera adecuada, en la ilustración II-1 se observa mejor el estado de la vía.

Ilustración II-1 Tramo de la vía.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Nota: En la ilustración se aprecia uno de los principales problemas de la vía como son los baches.

2.2 Velocidad de diseño (Vd.)

La velocidad de diseño se refiere a la máxima velocidad con la que se puede transitar de forma segura y confortable en una sección determinada de la vía, considerando tanto las condiciones presentes como las características geométricas predominantes (Cárdenas Grisales, 2013).

La velocidad de diseño, que se muestra en la tabla II-1, es indispensable para el diseño geométrico. La mayoría de los cálculos, como los alineamientos horizontales, perfil y transversales, radios de curvatura mínimos, anchos de carriles, entre otros, dependen de este parámetro (Cárdenas Grisales, 2013).

Tabla II-1

Velocidades de diseño.

VELOCIDAD DE DISEÑO (km/h)			
CATEGORÍA DE LA VÍA	RELIEVE LLANO	RELIEVE ONDULADO	RELIEVE MONTAÑOSO
R-I o R-II	120	110	90
I	110	100	80
II	100	90	70
III	90	80	60
IV	80	60	50
V	60	50	40

Fuente: (MTOPI, 2003).

Elegir una velocidad de diseño correcta resulta fundamental, considerando que debe mantenerse uniforme en un tramo de carretera que tenga una longitud mínima de 5 a 10 km. Para conseguirlo, es crucial tener en cuenta tres elementos básicos y determinantes: La naturaleza del terreno, el comportamiento típico de los conductores y las implicaciones económicas (MTOPI, 2003).

La velocidad de diseño no siempre puede mantenerse constante, ya que puede llegar a cambiar debido a la topografía del terreno. Cuando esto sucede, no debe existir cambios bruscos o repentinos en la velocidad. En su lugar, se debe asegurar una distancia considerable para permitir al conductor realizar un cambio gradual de la velocidad (MTOPI, 2003).

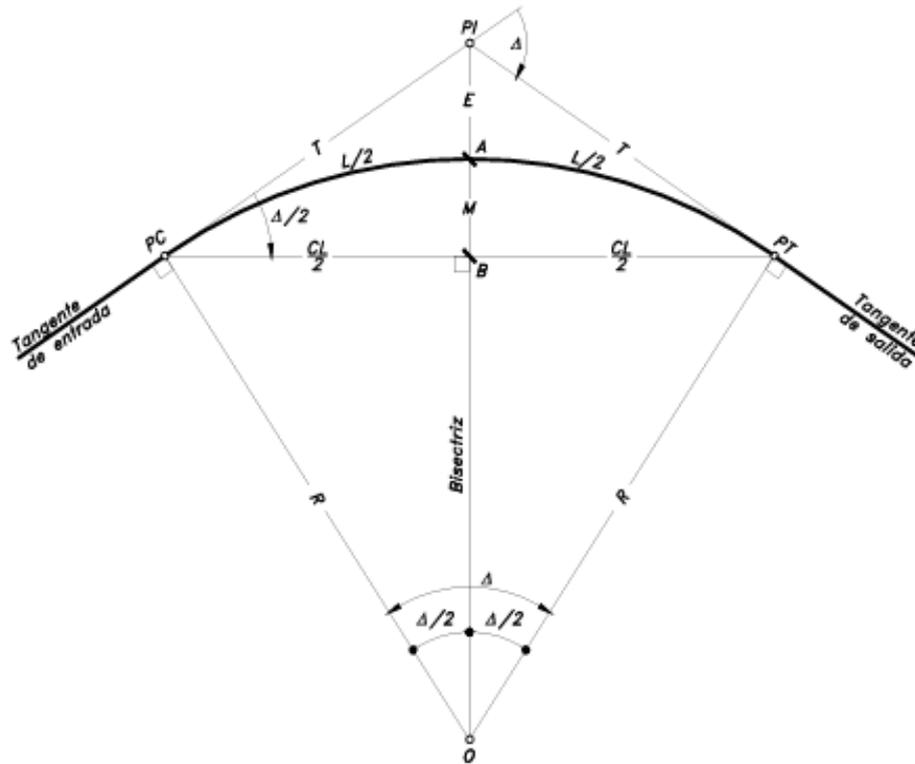
2.3 Diseño Horizontal

El diseño horizontal consiste en proyectar las curvas reales de la vía en un plano horizontal (MTOPI, 2003). Para facilitar los trazos de los elementos y la selección de la ruta.

2.3.1 Curvas circulares simples

Las curvas circulares simples son representaciones horizontales de las reales o tridimensionales, formadas por un arco de circunferencia con un radio de giro. En la ilustración II-2 se detallan todas sus partes (Cárdenas Grisales, 2013).

Ilustración II-2 Curva circular simple.



Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013).

2.3.2 Radio mínimo de curvatura horizontal

Como su nombre sugiere el radio mínimo de curvatura horizontal, es el radio con el menor valor que permite la circulación segura de los vehículos, teniendo en cuenta la velocidad de diseño, el peralte y la fricción lateral correspondiente (MTOP, 2003).

La utilización de radios menores al mínimo resulta contraproducente, debido a que, se debería aumentar el peralte excediendo los límites prácticos de los mismos (MTOP, 2003), el cual viene dado por la fórmula 5 de radio mínimo:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)} \tag{5}$$

Donde

R: Radio mínimo de una curva horizontal.

V: Velocidad de diseño.

f: Coeficiente de fricción lateral.

e: Peralte de la curva.

El MOP permite la utilización de radios inferiores al radio mínimo, conocidos como radios absolutos, siempre y cuando se aprovechen las infraestructuras existentes. Los radios mínimos recomendados y absolutos se muestran en la tabla II-2(MTOP, 2003).

Tabla II-2

Radio recomendados por la MTOP.

Clasificación de carreteras		Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Llano	Recomendada	430	350	275	210	110
	Absoluta	350	275	210	110	75
Ondulado	Recomendada	350	275	210	110	75
	Absoluta	210	210	110	30	30
Montañosa	Recomendada	210	160	110	75	42
	Absoluta	110	75	42	20	20

Fuente: (MTOP, 2003).

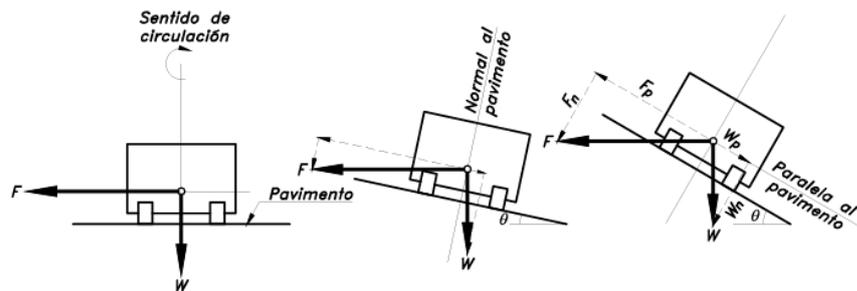
Nota: Todos los valores de la tabla se expresan en metros.

2.3.3 Peralte

En las curvas horizontales, la fuerza centrífuga (F) empuja a un vehículo hacia afuera de la curva mientras transita en la misma. Para contrarrestar esta fuerza, es necesario generar una ligera inclinación transversal de la vía en las curvas conocida como peralte. Brindando así comodidad y seguridad cuando un vehículo se desplaza en una curva circular (MTOP, 2003).

En la ilustración II-3 se visualiza este concepto.

Ilustración II-3 Importancia del peralte en las curvas circulares.



Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013).

El peralte contrarresta aproximadamente el 55% de la F, se recomienda un máximo un 10% para carreteras y caminos con capas de rodadura asfáltica para velocidades mayores a 50 Km/h. Por otro lado, si tiene un 8% para caminos vecinales de velocidades hasta 50 Km/h (MTOP, 2003).

2.4 Diseño Vertical

Al igual que el diseño horizontal, el diseño vertical implica proyectar la distancia real sobre una superficie que corre paralela al eje de la carretera (Cárdenas Grisales, 2013).

2.4.1 Gradientes

La gradiente es la pendiente de un carril de manera longitudinal, esta debe adaptarse a la topografía del terreno natural. Coger valores que permitan la correcta circulación de los vehículos (MTO, 2003).

El Ministerio de Obras Públicas brinda los valores de gradientes mostradas en la tabla II-3.

Tabla II-3

Valores de Gradientes recomendadas por la MOP.

Clasificación de carreteras		Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Llano	Recomendada	3	3	4	5	5
	Absoluta	3	4	6	6	6
Ondulado	Recomendada	4	4	6	6	6
	Absoluta	5	6	7	8	8
Montañosa	Recomendada	6	7	7	8	8
	Absoluta	7	8	9	12	14

Fuente: (MTO, 2003).

Nota: Los valores se encuentran expresados en porcentaje.

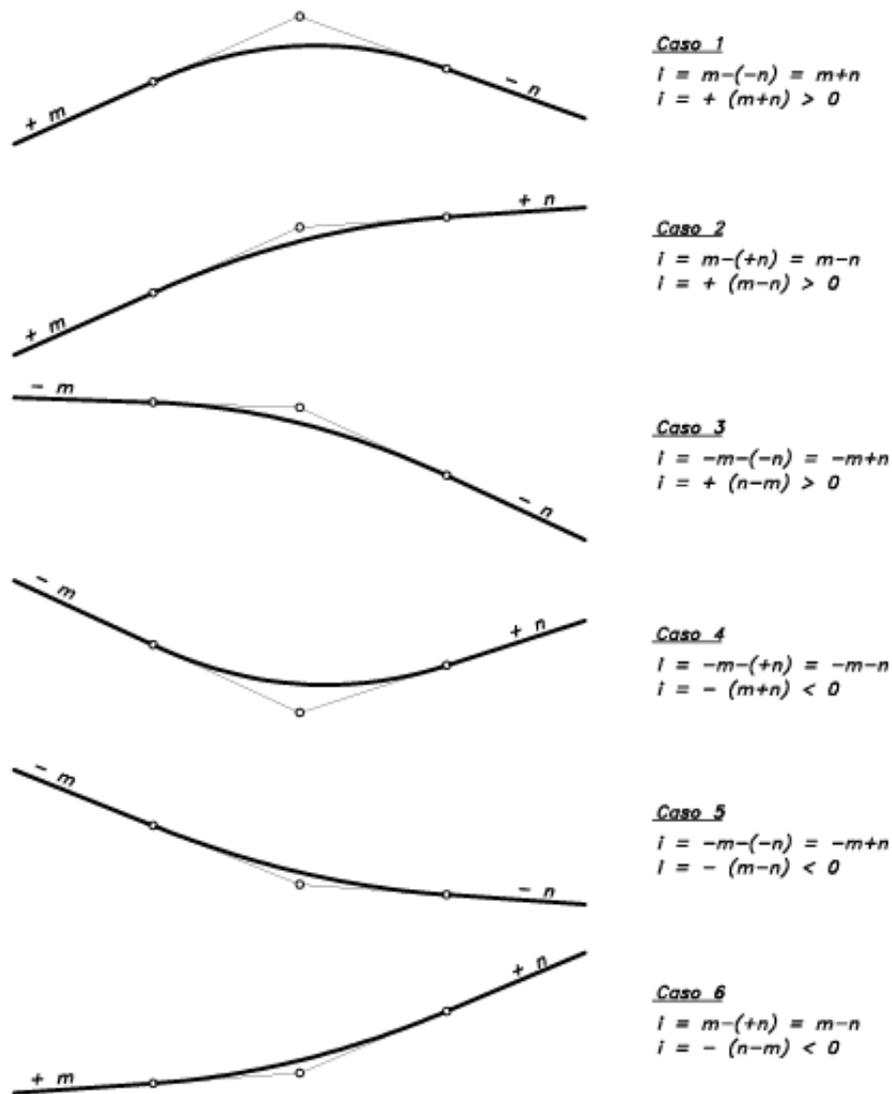
Una vía debe tener una gradiente mínima de 0,5% para garantizar el correcto drenaje del agua y una longitud crítica. Esta medida indica la distancia máxima permitida para que una vía con una pendiente cuesta arriba, en la cual un camión de diseño cargado pueda circular sin mayor dificultad ni producir alteraciones en el flujo del tráfico (MTO, 2003).

2.4.2 Curvas verticales

Las curvas verticales son elementos utilizados para conectar dos tangentes verticales consecutivas. A medida que en su longitud se efectúe un paso gradual de pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la misma. Permitiendo un drenaje adecuado, además, un tránsito cómodo y seguro (Cárdenas Grisales, 2013).

Las curvas verticales se dividen en dos grupos según el valor de “i”, diferencia algebraica entre las pendientes de entrada y salida. Como se puede observar en la ilustración II-4.

Ilustración II-4 Tipos de curvas verticales.



Fuente: (Cárdenas Grisales, 2013).

Cuando el valor de “i” es mayor a cero, la curva vertical es convexa: Caso 1, 2 y 3. Por otra parte, cuando el valor de “i” es menor a cero, la curva vertical es cóncava: Caso 4, 5 y 6 (Cárdenas Grisales, 2013).

2.4.2.1 Curvas verticales convexas

La principal característica de las curvas convexas son su concavidad hacia abajo. Los puntos de inicio y final de la curva están por debajo de la concavidad (Campoverde Campoverde & Peralta Tapia, 2019).

La mínima longitud de una curva convexa se determina según la distancia de visibilidad de parada. Considerando una altura de 1.15 m de ojo de visibilidad del conductor que observan un obstáculo con una altura de 0.15 m en la carretera. (MTOP, 2003).

La longitud de las curvas convexas se obtiene mediante el empleo de la fórmula 6:

$$L = \frac{A * S^2}{426} \quad (6)$$

Donde:

L: Longitud de la curva convexa (m).

A: Diferencia algebraica de las gradientes (%).

S: Distancia de visibilidad de parada (m).

Simplificando la fórmula 6 tenemos:

$$L = K * A \quad (7)$$

Donde:

K: Es la relación de L/A la cual expresa la longitud de la curva en metros, por cada tanto por ciento de A (MTOPI, 2003).

En la tabla II-4 se muestran los valores de K recomendados por el Ministerio de Obras Públicas.

Tabla II-4

Valores de K.

Clasificación de carreteras		Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Llano	Recomendada	80	60	43	28	12
	Absoluta	60	43	28	12	7
Ondulado	Recomendada	60	43	28	12	7
	Absoluta	28	28	12	3	3
Montañosa	Recomendada	28	19	12	7	4
	Absoluta	12	7	4	2	2

Fuente: (MTOPI, 2003).

2.4.2.2 Curvas verticales cóncavas

La principal característica de las curvas cóncavas es su concavidad hacia arriba, los puntos de inicio y final de la curva están por encima de la concavidad (Campoverde & Peralta Tapia, 2019).

Por seguridad, es necesario que la longitud de las curvas sea larga, de tal manera que la luz de los faros del automóvil se asemeje a la distancia de visibilidad de parada (MTOPI, 2003), se calcula como dice la fórmula 8:

$$L = \frac{A * S^2}{122 + 3.5S} \quad (8)$$

Donde

L: Longitud de la curva cóncava (m).

A: Diferencia algebraica de las gradientes (%).

S: Distancia de visibilidad de parada (m).

La fórmula plantea una altura de 0.6m para los faros del vehículo y una divergencia hacia arriba de la luz (MTOPI, 2003).

Al igual que las curvas convexas la longitud de las curvas cóncavas se pueden reducir a la fórmula 9 (MTOPI, 2003).

$$L = K * A \quad (9)$$

En la tabla II-5 se muestran los valores de K recomendados por el Ministerio de Obras Públicas.

Tabla II-5

Valores de K.

Clasificación de carreteras		Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Llano	Recomendada	43	38	31	24	13
	Absoluta	38	31	24	13	10
Ondulado	Recomendada	38	31	24	13	10
	Absoluta	24	24	13	5	5
Montañosa	Recomendada	24	19	13	10	6
	Absoluta	13	10	6	3	3

Fuente: (MTOPI, 2003).

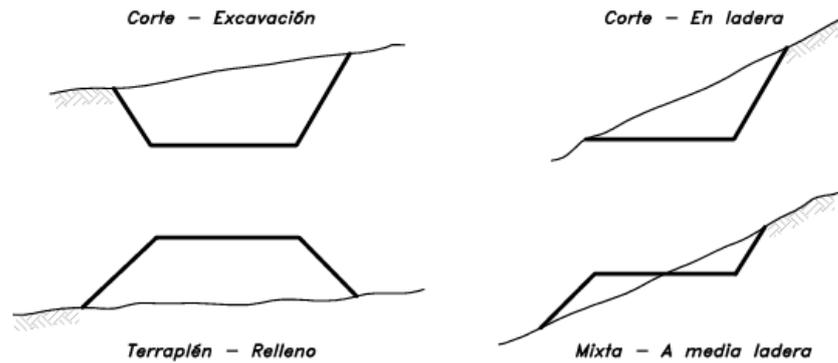
2.5 Diseño Transversal

El diseño transversal consiste en ubicar los elementos componentes de la vía, como las cunetas, espaldones, entre otras. Su relación con el terreno natural y cuantificar el volumen de tierras. De esta forma se puede fijar el espacio que ocupa cada elemento en el terreno natural, así estiman los volúmenes de tierras a mover (Cárdenas Grisales, 2013).

2.5.1 Secciones transversales

La sección transversal típica depende principalmente del tráfico vehicular que la vía debe soportar y de la topografía del terreno. En la ilustración II-5 se muestran los tipos generales de secciones.

Ilustración II-5 Secciones transversales típicas.



Fuente:(Cárdenas Grisales, 2013).

Para determinar el ancho y los elementos que conforman la sección típica, se consideran las necesidades y seguridad de los usuarios. Esta sección suele incluir pavimento, espaldones, taludes y cunetas. En la tabla II-6 se muestran los anchos recomendados (MTOPI, 2003).

Tabla II-6

Anchos recomendados por la MOP.

Clase de Carretera	Ancho de Calzada	
	Recomendable	Absoluto
Clase I	7,3	7,3
Clase II	7,3	6,5
Clase III	6,7	6
Clase IV	6	6
Clase V	4	4

Fuente: (MTOPI, 2003).

Nota: Todos los valores de la tabla se expresan en metros.

2.5.1.1 Espaldones

Los espaldones son un espacio delimitado entre la cuneta y el carril por donde transitan los vehículos, (MTOPI, 2003) generalmente se utilizan para:

- Provisionar espacio para un estacionamiento provisional fuera del carril para evitar accidentes.
- Mejorar la visibilidad en curvas horizontales.
- Soporte lateral del pavimento.

En la tabla II-7 se muestran los anchos de los espaldones recomendados.

Tabla II-7

Ancho de espaldones recomendados por la MOP.

Clasificación de carreteras		Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV	Clase V
Llano	Recomendada	3	3	2	0,6	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura
	Absoluta	2,5	2,5	1,5	0,6	
Ondulado	Recomendada	2,5	2,5	1,5	0,6	
	Absoluta	2	2	1	0,6	
Montañosa	Recomendada	2	2	1	0,6	
	Absoluta	1,5	1,5	0,5	0,6	

Fuente: (MTOPI, 2003).

Nota: Los valores se encuentran expresados en metros.

2.5.1.2 Taludes

Los taludes son una parte importante en la seguridad y apariencia de la vía, debido a la influencia en el costo. El diseño depende del tipo de suelo y de las características geométricas de la vía. El talud se diseña con la menor pendiente posible.

En la tabla II-8 se muestran las pendientes recomendadas.

Tabla II-8

Pendientes de los taludes.

Clase de Carretera	Taludes	
	Corte	Relleno
Clase I	3:1	4:1
Clase II	2:1	3:1
Clase III	2:1	2:1
Clase IV	1,8-1:1	1,5-2:1
Clase V	1,8-1:1	1,5-2:1

Fuente: (MTOPI, 2003).**2.5.2 Áreas de las secciones transversales**

Es la medida de la superficie en un plano perpendicular al eje de la vía, está conformada por la suma de distintos elementos, como; ancho de banca, corona, calzada, carriles, bermas, cunetas, taludes, entre otras. En base a las condiciones topográficas puede ser en corte, relleno o mixta (Cárdenas Grisales, 2013).

2.5.3 Volúmenes y movimientos de tierra

Es la cantidad de tierra que debe ser colocada o retirada de la vía depende de las necesidades para la construcción. Tener esta información es indispensable para la planificación y ejecución del proyecto (Cárdenas Grisales, 2013). Puesto que permite estimar los costos y tiempos asociados a los movimientos de tierra.

2.5.4 *Curva de masas*

El diagrama de curva de masas es la representación gráfica de la cantidad de tierra que se necesita transportar ya sea en corte o relleno en el eje “y” y las distancias que se debe transportar a lo largo de la construcción de la vía en el eje “x” (Cárdenas Grisales, 2013).

2.6 Resultados del Diseño geométrico

2.6.1 *Velocidad de diseño*

En la tabla II-1 mostrada en el capítulo II, se seleccionó una velocidad de diseño de 40 km/h en base a la categoría de la vía y el relieve.

2.6.2 *Curvas horizontales*

En la tabla II-9 se apreciaron las características de las curvas circulares simples que se emplearon para el trazo horizontal de la vía.

Tabla II-9

Características de las curvas circulares simples.

Número de curva	Longitud	Radio	P.K. inicial	P.K. final	Grado de curvatura por arco	Sentido
1	114.991m	70.000m	0+203.43m	0+318.43m	24.9482 (g)	sentido horario
2	38.858m	20.000m	0+338.58m	0+377.44m	87.3188 (g)	sentido antihorario
3	28.015m	45.000m	0+386.94m	0+414.96m	38.8083 (g)	sentido horario
4	29.877m	20.000m	0+436.25m	0+466.13m	87.3188 (g)	sentido horario
5	24.033m	40.000m	0+470.75m	0+494.79m	43.6594 (g)	sentido horario
6	35.331m	50.000m	0+502.40m	0+537.73m	34.9275 (g)	sentido antihorario
7	25.211m	100.000m	0+621.68m	0+646.89m	17.4638 (g)	sentido antihorario
8	59.242m	60.000m	0+657.47m	0+716.71m	29.1063 (g)	sentido horario
9	43.360m	50.000m	0+761.09m	0+804.45m	34.9275 (g)	sentido antihorario
10	12.544m	20.000m	0+809.83m	0+822.38m	87.3188 (g)	sentido horario
11	33.324m	22.000m	0+876.85m	0+910.18m	79.3807 (g)	sentido antihorario
12	29.256m	27.000m	0+910.48m	0+939.74m	64.6806 (g)	sentido antihorario
13	47.944m	35.000m	0+992.37m	1+040.32m	49.8964 (g)	sentido horario
14	44.271m	20.000m	1+072.88m	1+117.15m	87.3188 (g)	sentido antihorario
15	41.460m	20.000m	1+123.84m	1+165.30m	87.3188 (g)	sentido horario
16	49.099m	30.000m	1+216.28m	1+265.38m	58.2125 (g)	sentido antihorario
17	57.956m	40.000m	1+281.78m	1+339.74m	43.6594 (g)	sentido horario
18	44.592m	42.000m	1+406.77m	1+451.36m	41.5804 (g)	sentido horario
19	35.234m	50.000m	1+507.04m	1+542.27m	34.9275 (g)	sentido horario
20	26.982m	20.000m	1+548.55m	1+575.54m	87.3188 (g)	sentido antihorario
21	32.220m	30.000m	1+599.57m	1+631.79m	58.2125 (g)	sentido horario
22	26.854m	45.000m	1+631.92m	1+658.78m	38.8083 (g)	sentido antihorario
23	26.726m	90.000m	1+687.11m	1+713.84m	19.4042 (g)	sentido horario
24	37.357m	15.000m	1+773.06m	1+810.42m	116.4250 (g)	sentido antihorario
25	36.097m	32.000m	1+956.65m	1+992.74m	54.5742 (g)	sentido horario

Fuente: Elaboración propia (2024).

Nota: Todos los parámetros están basados en un diseño de vía de clase V, con un terreno montañoso.

En la tabla II-9 se aprecia que la mayoría de los radios cumplieron con el radio absoluto mostrado en la tabla II-2. Garantizando una circulación cómoda y segura. Sin embargo, la curva 24 obtuvo un radio de 15 m.

2.6.3 Curvas convexas

Los valores utilizados para el trazado vertical, en la tabla II-10 se aprecian las características de las curvas verticales convexas.

Tabla II-10

Características de las curvas verticales convexas.

Número de curva	Longitud	Radio	Inclinación de rasante Tangente de entrada	Inclinación de rasante Tangente de salida	A (Cambio de pendiente)	Valor de K
1	219.300m	2200.000m	4.97%	-5.00%	9.97%	22.000
2	80.824m	2000.000m	4.77%	0.73%	4.04%	20.000
3	29.336m	500.000m	0.73%	-5.14%	5.87%	5.000
4	22.512m	100.000m	11.01%	-11.50%	22.51%	1.000
5	21.051m	200.000m	1.61%	-8.91%	10.53%	2.000
6	66.957m	300.000m	10.22%	-12.10%	22.32%	3.000
7	25.244m	300.000m	7.33%	-1.08%	8.41%	3.000
8	28.425m	200.000m	7.06%	-7.15%	14.21%	2.000
9	19.974m	500.000m	5.72%	1.73%	3.99%	5.000
10	32.099m	300.000m	1.73%	-8.97%	10.70%	3.000
11	41.336m	200.000m	11.27%	-9.40%	20.67%	2.000
12	18.773m	300.000m	1.25%	-5.01%	6.26%	3.000
13	33.951m	300.000m	7.14%	-4.18%	11.32%	3.000

Fuente: Elaboración propia (2024).

Nota: Todos los parámetros están basados en un diseño de vía de clase V, con un terreno montañoso.

Se apreció en la tabla II-10 que todas las curvas a excepción de la curva 4 cumplen con el k absoluto mostrado en la tabla III-4. Garantizando una longitud de curva segura y cómoda para el usuario.

2.6.4 Curvas cóncavas

En la tabla II-11 se aprecian las curvas verticales cóncavas usadas para el trazo vertical de la vía.

Tabla II-11

Características de las curvas verticales cóncavas.

Número de curva	Longitud	Radio	Inclinación de rasante Tangente de entrada	Inclinación de rasante Tangente de salida	A (Cambio de pendiente)	Valor de K
1	87.952m	900.000m	-5.00%	4.77%	9.77%	9.000
2	80.727m	500.000m	-5.14%	11.01%	16.15%	5.000
3	39.349m	300.000m	-11.50%	1.61%	13.12%	3.000
4	57.400m	300.000m	-8.91%	10.22%	19.13%	3.000
5	38.855m	200.000m	-12.10%	7.33%	19.43%	2.000
6	16.297m	200.000m	-1.08%	7.06%	8.15%	2.000
7	25.744m	200.000m	-7.15%	5.72%	12.87%	2.000
8	40.477m	200.000m	-8.97%	11.27%	20.24%	2.000
9	31.941m	300.000m	-9.40%	1.25%	10.65%	3.000
10	24.300m	200.000m	-5.01%	7.14%	12.15%	2.000

Fuente: Elaboración propia (2024).

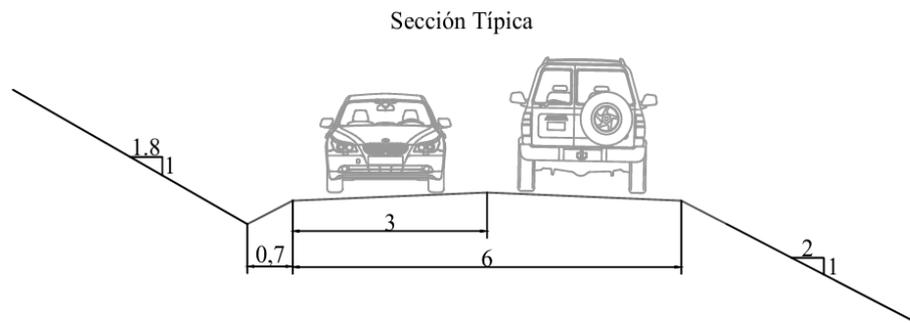
Nota: Todos los parámetros están basados en un diseño de vía de clase V, con un terreno montañoso.

En la tabla III-11 se apreció que las curvas 5, 6, 7, 8 y 10 no cumplieron con el k absoluto debido a la topografía del terreno. Sin embargo, se notó que estos valores no estaban muy alejados de los recomendados por la norma.

2.6.5 Sección transversal

En la imagen ilustración II-6 se observa el diseño de la sección transversal con todos los elementos, junto con sus medidas recomendadas por la MOP, como las cunetas, taludes de corte y relleno.

Ilustración II-6 Sección Transversal típica.



Fuente: Elaboración propia (2024).

2.6.6 Volúmenes de movimiento de tierra

El cuadro de volúmenes de tierra a mover se presenta en el anexo 9.

2.6.7 Planos

Los planos del diseño geométrico de la vía “Manuel de la piedra y cruz” se presentan en el anexo 10.

Capítulo III. Diseño del Pavimento

3.1 Definición Pavimento

Un pavimento es una capa conformada por varios estratos de distintos materiales compactados que se asientan sobre la subrasante. Estos deberán cumplir con ciertos parámetros. La finalidad es resistir las repeticiones de cargas ocasionadas por el tránsito, para los años de vida útil.

Los parámetros a cumplir en una capa de pavimento son:

- Debe tener la capacidad de soportar la acción de las cargas del tráfico y resistir los efectos de agentes climáticos.
- Resistente al desgaste de las llantas.
- Debe mantener una superficie regular.
- Debe tener una vida útil prolongada.
- Presentar condiciones adecuadas de acuerdo con el drenaje.
- Debe ser rentable en términos económicos.

En el Ecuador se utilizan tres tipos de pavimentos: Pavimentos Flexibles, Pavimentos Rígidos y Pavimentos Articulados (Alfonso Montejó, 1997). Para fines comparativos se abordará de manera adecuada las características del Pavimento flexible y el Pavimento Rígido en el presente trabajo.

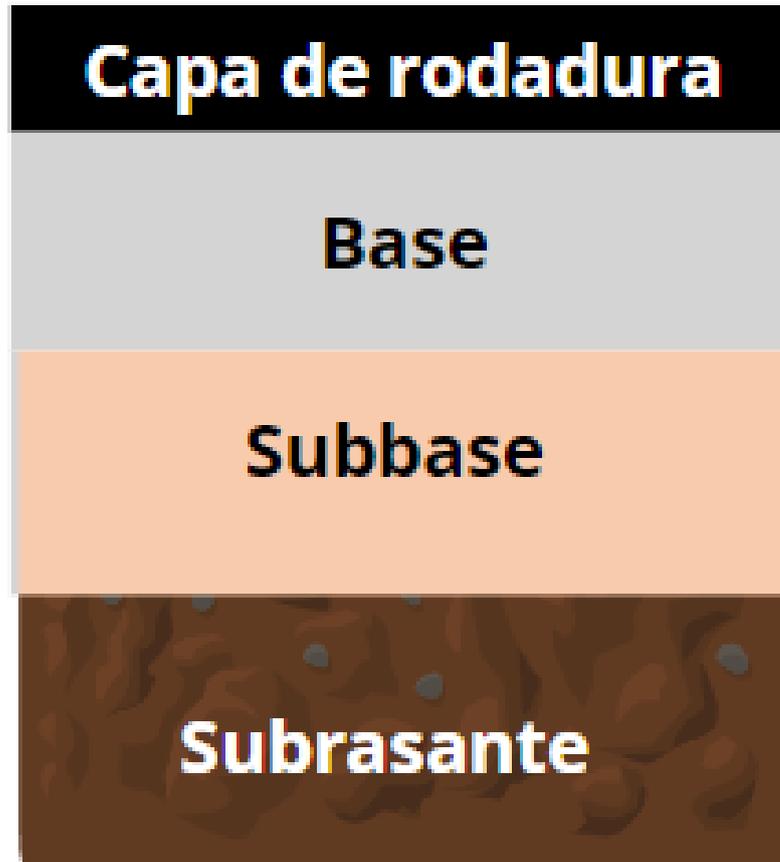
3.2 Pavimento Flexible

El pavimento flexible se distingue por estar compuesto por una mezcla asfáltica, la cual se complementa de dos capas, base y subbase. Las capas adicionales contribuyen estructuralmente para evitar que las cargas de tráfico afecten la subrasante (Alfonso Montejó, 1997).

Utilizar este tipo de pavimento conlleva ciertos beneficios como ser más económico respecto al rígido. Sin embargo, necesita un constante mantenimiento para un correcto funcionamiento y desarrollo durante su vida útil.

3.2.1 Estructura

El pavimento flexible está conformado por tres capas: rodadura, base y subbase, esto sin contar la subrasante (Alfonso Montejó, 1997). Se puede apreciar de mejor manera la composición del mismo en la ilustración III-1.

Ilustración III-1 Capas de un pavimento flexible.

Fuente: Elaboración propia (2024).

3.2.2 Diseño del pavimento por el método AASHTO 93.

Este método se utiliza para calcular el espesor necesario de todas las capas que conforman un pavimento flexible. Es un método empírico, toma una serie de factores como: tráfico, tipo de suelo, las características de materiales, espesor del pavimento, condiciones climáticas, análisis de vida útil, drenaje la ecuación recomendada por la (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2013), es la ecuación 10.

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{18} = & Z_R * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.3 \\ & * \log_{10} M_R - 8.07 \end{aligned} \quad (10)$$

Donde:

(W18): Número de ejes equivalentes.

Zr: Desviación normal estándar.

So: Desviación estándar total.

Sn: Número estructural.

Δ PSI: Serviciabilidad.

MR: Módulo resiliente.

Tomando en cuenta todos estos factores, el objetivo es brindar confianza en toda la infraestructura vial. Para que sea duradera, segura y capaz de resistir las cargas de tráfico previstas (MTC, 2013).

3.2.2.1 Período de diseño

Se define como la duración que se espera que el pavimento diseñado cumpla con los requisitos de desempeño establecidos, desde la construcción o una rehabilitación, hasta el término de su vida útil. Garantizando cumplir con los criterios técnicos, seguridad y eficiencia. Según el tipo de carretera este factor puede cambiar dependiendo de las cargas y condiciones de tráfico (MOP, 2003).

Como se observa en la tabla II-1 se muestra el periodo de diseño recomendable.

Tabla III-1

Período de diseño según el tipo de vía.

Tipo de Carretera	Período de diseño (n)
Urbana de volumen elevado de tránsito	30-50 años
Rural de tránsito elevado	20-50 años
Baja volumen de tránsito	15-25 años

Fuente: (MOP, 2003).

3.2.2.2 Serviciabilidad

Se refiere a la capacidad de una vía para brindar un nivel aceptable de servicio para el que se diseñó, evaluado con base en un sistema de índices que consideran diversos parámetros. Consta de un índice inicial P_0 según el tipo de pavimento y uno final P_t en base al tipo de camino (MTC, 2013).

Los valores van desde 0 (muy malas condiciones) a 5 (perfecto). En la tabla III-2 recomendada por la AASHTO 93 se muestran los valores referenciales (MOP, 2003).

Tabla III-2

Serviciabilidad.

Serviciabilidad pavimentos flexibles	
Serviciabilidad inicial (P_0)	4.2
Serviciabilidad final (P_f)	
Caminos importantes	2.5
Caminos de menor tránsito	2

Fuente: (AASHTO, 1993).

Una vez seleccionados los índices de serviciabilidad con la ecuación 11 se calcula la pérdida de serviciabilidad:

$$PSI = P_0 - P_f \quad (11)$$

PSI: Índice de serviciabilidad.

 P_0 : Serviciabilidad inicial. P_f : Serviciabilidad final**3.2.2.3 Confiabilidad**

Como su nombre lo indica se refiere a la probabilidad de que la infraestructura cumpla la función de brindar el servicio dentro de su vida útil. En base a los factores que intervienen sobre la estructura de pavimento como tránsito y ambiental, entre otros los valores recomendados por la AASHTO 93 se observan en la tabla III-3 (MTC, 2003).

Tabla III-3

Confiabilidad.

Tipo de Camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona rural
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: (AASHTO, 1993).

Estos valores toman en cuenta todas las incertidumbres que existen al momento de construir. Mientras más grande el valor de confiabilidad existe mayor probabilidad de sufrir alguna afección por la cantidad de tráfico (MTC, 2013).

Los valores de confiabilidad se relacionan con factores de desviación normal estándar (ZR) el cual representa el valor seleccionado de confiabilidad. En la tabla III-4 se muestran los valores recomendados por la AASHTO (MTC, 2013).

Tabla III-4

Desviación estándar normal.

Confiabilidad, R (%)	Desviación estándar normal, ZR
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Fuente:(AASHTO, 1993).**3.2.2.4 Desviación estándar total (So)**

Es un criterio estadístico para corregir la incertidumbre que existe entre los datos de entrada y las ecuaciones. Este factor toma en cuenta lo cambiante de la circulación y el comportamiento del pavimento. Para ello en la tabla III-5 la AASHTO 93 muestra los valores a usar.

Tabla III-5

Desviación estándar total.

Pavimento	Desviación estándar total, (So)
Flexible	0.4-0.5
Nuevo	0.4
Sobrecapas	0.5

Fuente: (AASHTO, 1993)**3.2.2.5 Tránsito****3.2.2.5.1 Número de repeticiones de ejes equivalentes.**

Cuando se diseña un pavimento, uno de los factores más críticos e importantes es la capacidad para soportar carga. Por ello, la AASHTO, define a los Ejes Equivalentes acumulados como EE como las cargas que causan el deterioro al pavimento por los

vehículos de un solo eje, con dos ruedas convencionales con un peso de 8.2 toneladas. Este factor relaciona el volumen del tránsito en números equivalentes de ejes (MTC, 2013).

En la tabla III-6 se muestra la relación de cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para Pavimentos Flexibles.

Tabla III-6

ESALS.

Tipo de eje	Eje Equivalente (EE8.2tn)
Eje Simple de ruedas simples	$EES1 = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de dos ruedas dobles	$EES2 = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple)	$EETA1 = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles)	$EETA2 = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Trídem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple)	$EETR1 = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Trídem (3 ejes de ruedas dobles)	$EETR2 = [P / 21.8]^{3.9}$

Fuente: (MTC, 2013).

3.2.2.5.2 Factor direccional y de carril.

Es un factor toma en cuenta cómo se distribuye las cargas de tráfico en función de la dirección de los vehículos y el número de carriles por calzada de una vía. Se suele dividir a la mitad del tránsito en ambas direcciones, pero no siempre es así sino ocasiones en que, según el número de carriles o sentidos, este factor se altera por ello en la tabla III-7 se muestran los valores a tomar (MTC, 2013).

Tabla III-7

Factor de ponderado para carril de diseño.

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd*Fc para carril de diseño
1 calzada (paraIMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1	1	1
	1 sentido	2	1	0.8	0.8
	1 sentido	3	1	0.6	0.6
	1 sentido	4	1	0.5	0.5
	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.5	1	0.5
	2 sentidos	2	0.5	0.8	0.4
	2 sentidos	3	0.5	0.6	0.3
	2 sentidos	4	0.5	0.5	0.25

Fuente: (MTC, 2013).

3.2.2.6 Módulo de resiliencia.

Es una medida de la capacidad del material para absorber energía y la capacidad de recuperarse. Toma en cuenta las características de resistencia de los materiales de base

o subbase según corresponda, buscando seleccionar el mejor de los materiales (MTC, 2013).

Para ello se usan las ecuaciones 12, 13 y 14 según corresponda:

$$MR = 1500(CBR) \text{ si } CBR < 10\% \quad (12)$$

$$MR = 3000(CBR)^{0.65} \text{ si } 10\% < CBR < 20\% \quad (13)$$

$$MR = 4326 * \ln(CBR) + 241 \text{ para Suelos granulares} \quad (14)$$

3.2.2.7 Número estructural

Representa el valor del espesor total a colocar en el pavimento procesada y obtenido el valor de la ecuación de diseño AASHTO. Sin embargo, se requiere convertir este espesor en espesores efectivos para cada capa con coeficientes estructurales, para las capas de rodadura, base y subbase. Este número representa la resistencia estructural para soportar las cargas por eje (MTC, 2013). El que se obtienen aplicando la ecuación 15.

$$SN = a1 * D1 + a2 * D2 * m2 + a3 * D3 * m3 \quad (15)$$

Donde:

a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de las capas de rodadura, base y subbase respectivamente.

D1, D2, D3: Espesores reales de las capas de rodadura, base y subbase respectivamente.

m2, m3: Coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase respectivamente.

Esta ecuación carece de una solución única; existen innumerables combinaciones para cada capa que cumplen con los criterios establecidos en el diseño. Por ende, la elección de una solución como apropiada depende de las prioridades o criterios individuales del diseñador (MTC, 2013).

La ecuación 15 requiere coeficientes de drenaje que consideren la calidad del drenaje y la exposición a la cual estará sometido por la presencia de agua. Para ello, se tomarán como referencia los valores recomendados por e (MTC, 2013), los cuales se pueden consultar en la tabla III-8.

Tabla III-8

Coeficiente de Drenaje.

Calidad del Drenaje	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A LA SATURACIÓN			
	Menor que 1%	(1-5)%	(5-25)%	Mayor que 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.8	0.80-0.60	0.6
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

Fuente: (MTC, 2013).

3.2.3 Construcción por etapas

Toda estructura tiene tiempo de vida útil, pero se lo puede prolongar aplicando una rehabilitación programada incrementado su espesor, para el pavimento flexible se le hace un diseño por etapas, que consiste en dividir en dos fases, la primera un periodo de diseño normal de 10 años con un tráfico futuro estimado (MOP, 2003).

Para el segundo periodo de 10 años existen factores que cambian en sus valores, como la confiabilidad, ya que con el tiempo los materiales del cual está compuesto se desgastan (MTC, 2013).

El proceso consiste en realizar un estudio de pavimento donde se examinarán las características físicas en base a los resultados deberá removerse parte de la carpeta asfáltica. Normalmente se le retira un tercio de material para luego ser reemplazado por uno nuevo.

En la parte inferior de la capa de rodadura casi siempre no se hacen cambios en las capas de base y subbase, se tomará alguna decisión según el resultado del estudio.

3.3 Pavimento Rígido

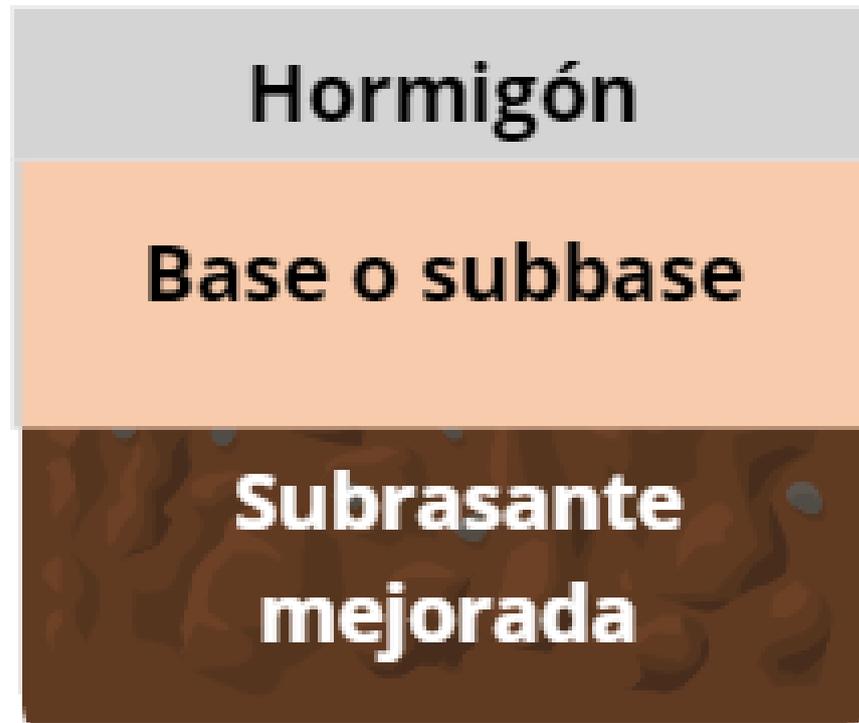
Lo forma una losa de hormigón hidráulico, apoyado en una base o subbase, que asegura la durabilidad y seguridad del pavimento de las características físicas de cada lugar (Alfonso Montejó, 1997).

La base o subbase no aportan estructuralmente un valor en la distribución de cargas, debido a las características de resistencia del hormigón, estas capas se usan más como un material filtrante (Alfonso Montejó, 1997).

3.3.1 Estructura

El pavimento rígido tiene dos capas; la capa de rodadura y una base o subbase, sin considerar la subrasante (Alfonso Montejó, 1997). Se puede apreciar de mejor manera las capas en la ilustración III-2.

Ilustración III-2 Capas de un pavimento rígido.



Fuente: Propia.

3.3.2 Diseño del pavimento rígido por el método AASHTO 93

Este método implanta un nivel de servicio final el cual debe mantener al concluir el diseño. Consiste en realizar varias iteraciones donde se asumen espesores, hasta que la ecuación 16 llegue a un equilibrio, el espesor de concreto obtenido debe ser capaz de aguantar las cargas de tráfico sin que degrade el nivel de servicio por debajo al tasado (MTC, 2013).

$$\begin{aligned}
 \log_{10} W_{18} = & Z_R * S_O + 7.35 * \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 * 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} \\
 & + (4.22 - 0.32P_t) * \log_{10} \left(\frac{M_r * C_{dx} (0.09D^{0.75} - 1.132)}{1.51 * J \left(0.09D^{0.75} - \frac{7.38}{\left(\frac{E_c}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right) \quad (16)
 \end{aligned}$$

Donde:

(W18): Número de ejes equivalentes.

Zr: Desviación normal estándar.

So: Desviación estándar total.

D: Espesor del pavimento en milímetros.

ΔPSI: Serviciabilidad.

PI: Índice de serviciabilidad final.

Mr: Resistencia medio del concreto en (Mpa).

Cd: Coeficiente de drenaje.

J: Coeficiente de transmisión de carga.

Ec: Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa.

K: Módulo de reacción de la superficie, base o subbase, subrasante.

3.3.2.1 Periodo de diseño

Para este tipo de pavimento, el periodo de diseño mínimo se establece en 20 años, sin embargo, está sujeta a los criterios tomados por el diseñador y las necesidades específicas de cada proyecto (MTC, 2013).

3.3.2.2 El tránsito (ESALs)

El método AASHTO 93 se distingue por el uso del concepto de ejes equivalentes, donde el tránsito es el principal factor por tomar en cuenta. Este concepto implica en convertir las cargas de los vehículos en un equivalente único llamado ESALs. La diferencia es que el periodo de diseño para este tipo de pavimento es de 20 años mínimo (MTC, 2013).

Para el cálculo de los ejes equivalentes se usa la tabla III-9 recomendada por el (MTC, 2013).

Tabla III-9

ESALS.

Tipo de eje	Eje Equivalente (EE8.2tn)
Eje Simple de ruedas simples	$EES1 = [P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de dos ruedas dobles	$EES2 = [P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple)	$EETA1 = [P / 13.0]^{4.1}$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles)	$EETA2 = [P / 13.3]^{4.1}$
Ejes Trídem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple)	$EETR1 = [P / 16.6]^{4.0}$
Ejes Trídem (3 ejes de ruedas dobles)	$EETR2 = [P / 17.5]^{4.0}$

Fuente: (MTC, 2013).**3.3.2.3 Serviciabilidad**

Es la capacidad propia del pavimento de soportar el tránsito y se refleja con una escala de calificación de valores que van desde 0 intransitable a 5 extraordinario. El valor delta PSI depende exclusivamente de la calidad de construcción (MOP, 2003).

En la tabla III-10 recomendada por la AASHTO 93 se muestran los valores referenciales.

Tabla III-10

Serviciabilidad.

Serviciabilidad pavimentos rígidos	
Serviciabilidad inicial (po)	4.5
Serviciabilidad final (pf)	
Caminos importantes	2.5
Caminos de menor tránsito	2

Fuente: (AASHTO, 1993).

Este índice evalúa las condiciones de deterioro o confort de la superficie de rodadura del pavimento.

3.3.2.4 Confiabilidad (R) y desviación estándar (So)

La confiabilidad juega un papel como factor de seguridad el cual garantiza la durabilidad y la resistencia ante los agentes que intervienen en la incertidumbre del proceso de construcción en el entorno. Sirve como factor de seguridad, con principios estadísticos que consideran la distribución normal de las variables físicas (MTC, 2013).

Es un criterio para corregir la incertidumbre que existe entre los datos de entrada y las ecuaciones usadas, este factor toma en cuenta lo cambiante de la circulación y el actuar del pavimento (MTC, 2013).

En la tabla III-11 la AASHTO 93, nos indica los valores a usar.

Tabla III-11

Desviación estándar.

Pavimento	Desviación estándar total, (So)
Rígido	0.3-0.4
Nuevo	0.35
Sobrecapas	0.4

Fuente: (AASHTO, 1993).

El valor que se usa y el recomendado por la AASHTO 93, para el pavimento rígido es So: 0.35 (MTC, 2013).

3.3.2.5 Módulo de reacción de la subrasante K

Toma en cuenta el tipo de subrasante presente. Además, contemplan las características de las capas intermedias como la base o subbase, con el fin de ayudar a reducir el espesor del hormigón. Es esencial resaltar que para valores menores al 6% del CBR, se considera como inadecuada, lo que requiere estabilizar o mejorar evaluando las alternativas disponibles. Se busca la opción que mejor se adapte a las particularidades propias de la zona y que resulte la más económica (MTC, 2013).

Para la base o subbase granular se utiliza la ecuación 17 para calcular el coeficiente de reacción de diseño como recomienda por (MTC, 2013).

$$Kc = (1 + (h/38)^2 * (K1/Ko)^{2/3})^{0.5} * Ko \quad (17)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de reacción combinado.

h: Espesor de la subbase granular.

K1: Coeficiente de reacción de la subbase granular.

Ko: Coeficiente de reacción de la subrasante.

3.3.2.6 Módulo de rotura del concreto (MR)

Ya que el concreto una de sus características como material es trabajar a flexión se toma en cuenta este criterio, para ello se debe tener el valor de resistencia del concreto en base a los valores dados por el (MTC, 2013), cómo se observa en la tabla III-12.

Tabla III-12

Valores recomendados de resistencia del concreto según el tráfico.

Rangos de tráfico pesado expresado en EE	Resistencia mínima a la flexo tracción del concreto (MR)	Resistencia mínima equivalente a la compresión del concreto (f'c)
≤ 5'000,000	40 kg/cm2	280 kg/cm2
> 5'000,000 ≤15'000,000	42 kg/cm2	300 kg/cm2
> 15'000,000	45 kg/cm2	350 kg/cm2

Fuente: (MTC, 2013).

El módulo de rotura (Mr) tiene directa relación con el módulo de compresión (f'c) del concreto mediante la ecuación 18 se calcula este valor (MTC, 2013).

$$Mr = a * \sqrt{f'c} \quad (18)$$

Donde:

a: Toma el valor entre (1.99 - 3.18).

f'c: Módulo de compresión del hormigón, en MPa.

3.3.2.7 Módulo elástico del concreto

Este se predice mediante la resistencia a compresión o flexotracción de las estructuras de hormigón armado. La AASHTO 93 recomienda el uso de la ecuación 19 recomendada (MTC, 2013).

$$E = 4700 * f'c^{0.5} \quad (19)$$

Donde

E: Módulo elástico de hormigón, en MPa.

f'c: Módulo de compresión del hormigón, en MPa.

3.3.2.8 Coeficiente de drenaje (Cd)

La existencia de agua en la estructura del pavimento es perjudicial para ella, pues puede ocasionar una serie de problemas como erosión del suelo, ablandamiento de la subrasante, degradación de la capa de rodadura, deformaciones y fisuraciones. El coeficiente de drenaje toma en consideración la calidad del material en función de aspectos como las dimensiones, la granulometría y la permeabilidad. Este coeficiente varía generalmente entre 0.70 y 1.25, y cuando el valor es alto indica un buen drenaje, lo que ayuda a disminuir el espesor de concreto a calcular (MTC, 2013).

Los valores del coeficiente de drenaje se presentaron en la tabla III-8 coeficiente de drenaje de las capas granulares.

3.3.2.9 Transferencia de cargas (J)

Este parámetro toma en cuenta la capacidad de transmitir las cargas a lo largo de las juntas de la estructura de hormigón. Depende del tipo de pavimento, la presencia o no de bermas laterales y si existe o no la transmisión de cargas mediante el uso de dispositivos. Este factor afecta de manera directa el espesor de la losa de hormigón, (MTC, 2013).

Los valores de este coeficiente se pueden apreciar en base a la tabla III-13.

Tabla III-13

Valores el coeficiente de transmisión de carga.

Tipo de berma	J			
	Granular o asfáltica		Concreto hidráulico	
Valores J	Si	No	Si	No
	3.2	3.8-4.4	2.8	3.8

Fuente: (MTC, 2013).

3.3.3 Juntas

Al estar interactuando con el entorno natural siendo las variaciones de temperatura uno de los factores que más afectan a la estructura y a la par la contracción del hormigón por pérdida de humedad (MTC, 2013).

Las juntas deben controlar los agrietamientos tanto transversal como longitudinal. Dividir el pavimento en secciones coherentes, permitir el movimiento de losas, la transferencia de carga entre losas y el medio para el sellado. Existen dos tipos de juntas transversales y longitudinales (MTC, 2013).

La longitud de la losa no debe exceder 1.25 veces el ancho y superar debe los 4.5 metros. El tamaño de las losas influye en la disposición de las juntas, tanto transversales como longitudinales. En zonas con altitudes superiores a 3000 metros sobre el nivel del mar, se recomienda construir losas de forma cuadrada (MTC, 2013).

3.3.3.1 Juntas longitudinales

Juntas longitudinales de contracción: controlan el agrietamiento y fisuración además son las que dividen los carriles. El proceso de transferencia de cargas lo logran mediante la trabazón de los agregados, también se puede con barras de amarre (MTC, 2013).

Junta longitudinal de construcción: Para transferir la carga existen dos formas. La primera cuando el espesor de la losa es menor a 25 cm las barras de amarre soportan la transferencia de carga. La segunda con juntas tipo llave las cuales necesitan de barras de amarre para asegurar que los carriles estén juntos (MTC, 2013).

3.3.3.2 Juntas transversales

Juntas transversales de contracción: Mediante la trabazón de agregados o usando pasadores puede darse la transferencia de carga. Estas controlan la fisuración y el agrietamiento provocado por los cambios de temperatura. Esto lo logran ya que se construyen transversalmente al centro del pavimento y están separadas, se recomienda que el espaciamiento entre ellas no exceda los 4.5 metros entre sí. El proceso de construcción es el siguiente: se debe cortar la tercera parte del espesor de la losa con un disco de 3 milímetros. (MTC, 2013).

Juntas transversales de construcción: son las juntas que requieren de pasadores para lograr transmitir las cargas, pero se construyen siempre y cuando sea necesario (MTC, 2013).

Juntas transversales de dilatación: La función de estas es la de aislar una estructura sobre un carril del pavimento, a veces no se recomienda usar pasadores. Si se ha colocado este tipo de juntas se deben colocar pasadores para garantizar la transmisión de cargas al menos cada 30 metros (MTC, 2013).

3.3.4 Sellado de juntas

Uno de los principales factores que afectan la estructura del pavimento es la presencia de agua. Para ello es importante sellar las juntas para impedir el ingreso de esta, ya que el agua restringe el movimiento de juntas, acelera el deterioro del pavimento y pueden producir roturas del concreto (MTC, 2013).

Existen dos tipos de sellados los líquidos y perforados, para la elección del material sellante se debe tomar en cuenta el espaciamiento entre juntas, tipo de juntas y a que agentes están expuestos (MTC, 2013)

3.4 Mejoramiento de la subrasante

De proceder el caso o dependiendo de las circunstancias y las características presentes en la subrasante. Se puede realizar hasta el nivel de la subrasante con los siguientes materiales: suelo seleccionado, estabilización con cal, utilización de materiales pétreos, membranas sintéticas, o mezclas de materiales previamente seleccionados. En las zonas de corte o terraplén (NEVI-12 Volumen 3, 2013).

Es importante que en este proceso se tomen todas las consideraciones pertinentes, conociendo las características propias de cada proceso y el costo que este implica. Para garantizar la estabilidad y durabilidad del camino (NEVI-12 Volumen 3, 2013).

3.4.1 Suelos estabilizados con cemento.

Este tipo de material se obtiene en parte por la mezcla de un parte de suelo con cemento Portland y agua, se las puede preparar a pie de obra con el suelo de la subrasante o en una planta dependiendo de las condiciones del sitio. Pueden ser colocadas sobre una subbase o directamente sobre la subrasante previa construcción.

Se pueden usar suelos presentes en la obra o suelos de otras fuentes, los suelos que se utilicen pueden ser limo-arcillosos puros o mezclados con arenas o gravas. Siempre cuando cumplan los criterios de calidad (MOP, 2002).

El cemento para usarse puede ser Portland tipo I o tipo II. No poseen la misma resistencia ni módulo de elasticidad que el cemento, pero sí brinda una mejor resistencia y durabilidad que otros métodos.

Una adecuada cantidad de agua es crucial para garantizar una adecuada compactación y resistencia del material, su resistencia aumenta con la cantidad de cemento y la edad de la mezcla (MOP, 2002).

3.5 Base para los agregados

La capa de base colocada sobre la subbase o sobre la subrasante deben estar previamente preparadas según corresponda. Las características que debe poseer la base deben ser las siguientes (MOP, 2002).

El límite líquido de la fracción que pase el tamiz N°40 deberá ser menor de 25. El índice de plasticidad menor de 6, porcentaje de desgaste por abrasión de los agregados menor al 40%. El valor de CBR será mayor o menor al 80% (MOP, 2002). En la tabla III-14 se muestran las clasificaciones de la base.

Tabla III-14

Clasificación de la base.

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices	
	Tipo A	Tipo B
2"	100	-
1 1/2"	70-100	100
1"	55-85	70-100
3/4"	50-80	60-90
3/8"	36-60	45-75
N° 4	25-50	30-60
N° 10	20-40	20-50
N° 40	10-25	10-25
N° 200	2-12	2-12

Fuente:(MOP, 2002).

3.6 Subbase de agregados

Se debe colocar sobre la subrasante previamente preparada, se debe obtener por proceso de trituración o de cribado. Estos agregados deberán poseer las siguientes características: coeficiente de desgaste máximo de 50%, la porción pasante del tamiz N° 40 deberán poseer un índice de plasticidad menor a 6, un límite líquido máximo de 25 y el CBR mayor o igual al 30% (MOP, 2002).

En la tabla III-15 se muestra los valores que debe cumplir.

Tabla III-15

Clasificación de subbase.

Tamiz	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices		
	Clase 1	Clase 2	Clase 3
3"	-	-	100
2"	-	100	-
1 1/2"	100	70-100	-
N° 4	30-70	30-70	30-70
N° 40	10-35	15-40	-
N° 200	0-15	0-20	0-20

Fuente:(MOP, 2002).

3.7 Resultados del diseño de pavimentos

3.7.1 Diseño del pavimento flexible

-Para el diseño del pavimento flexible, se dividió en dos periodos. En el primero de 10 años donde se consideró como una estructura nueva. El segundo periodo consiste en un proceso de recapeo, en esta última se retirará un tercio del asfalto y se le añadirá una nueva parte de asfalto.

Por tal motivo, se obtuvieron dos valores para los ESALs:

ESALs 10 años=1041999.739

ESALs 20 años=2350244.279

En el anexo 11 se puede observar el proceso de cálculo.

-El periodo de diseño serán los mismos a usarse en ambos casos.

n=10 años

-El índice de serviciabilidad, para ambos métodos fueron:

Δ PSI=1.7

-Como la vía fue catalogada como una colectora, para los dos procedimientos, se tomaron los siguientes valores:

R=85

Zr=-1.036

-Al no contar con una estructura de pavimento, en los primeros 10 años, el valor de desviación estándar fue:

$$S_o=0.45$$

Para los 20 años fue:

$$S_o=0.50$$

-Aplicando la ecuación 12 se obtuvo el siguiente valor para el módulo de resiliencia.

$$MR=5700$$

-En la tabla III-16 se observa el coeficiente de drenaje utilizado.

Tabla III-16

Coeficiente de drenaje.

	CD
Superficial m1	1
Base m2	0.8
Subbase m3	0.8

Fuente: Elaboración propia (2024).

-Finalmente aplicando la ecuación 10 en ambos casos se cumplió la igualdad.

Las capas necesarias para el primer periodo de material se muestran en la tabla III-17:

Tabla III-17

Número estructural.

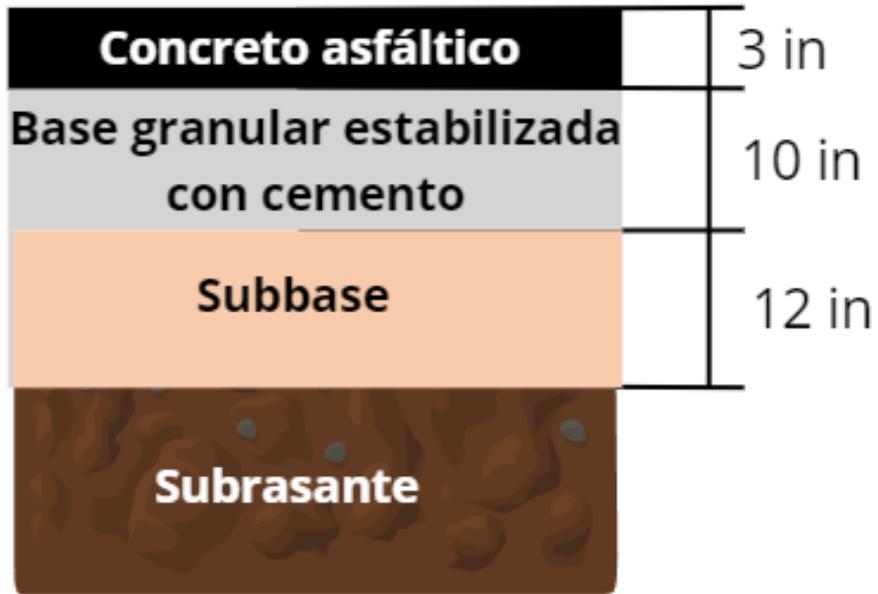
Capas	Coeficiente		Espesor (cm)	Total (SN)
	Estructural (a)	Drenaje (m)		
Concreto asfáltico	0.15	1	7.62	1.143
Base granular estabilizada con cemento	0.11	0.8	25	2.2
Subbase	0.04	0.8	30	0.96
Total			62.62	4.303

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la tabla III-17 se puede apreciar que se obtuvo un espesor de 7.62cm equivalente a 3 in, siendo este el estándar para el grosor de la capa de pavimento flexible, además.

En la ilustración III-3 se puede apreciar de mejor manera las distintas capas con sus respectivas medidas.

Ilustración III-3 Diseño para 10 años.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Para los 20 años se obtuvieron los siguientes resultados que se muestran en la tabla III-18.

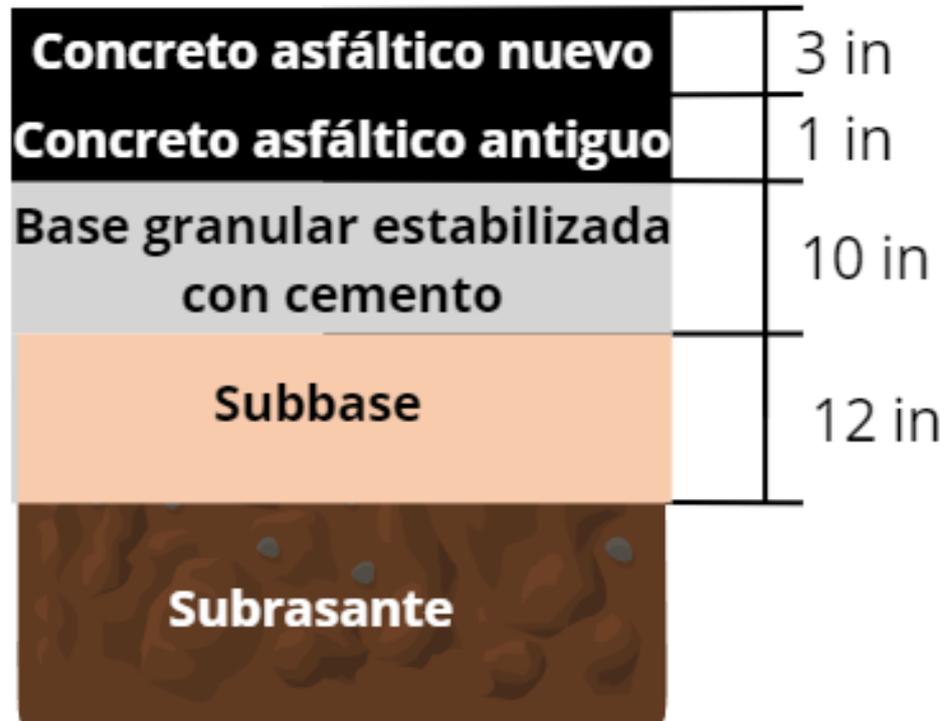
Tabla III-18

Número estructural.

Capas	Coeficiente		Espesor (cm)	Total
	Estructural (a)	Drenaje (m)		
Concreto asfáltico	0.15	1	7.62	1.143
Concreto asfáltico	0.12	1	2.54	0.3048
Base granular estabilizada con cemento	0.11	0.8	25	2.2
Sub-base	0.04	0.8	30	0.96
Total			65.16	4.6078

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la ilustración III-4 se puede apreciar de mejor manera las distintas capas obtenidas en la tabla III-18 con sus respectivas medidas.

Ilustración III-4 Diseño para 20 años.

Fuente: Elaboración propia (2024).

-Presupuesto referencial aproximado

Para el presupuesto únicamente se consideró los precios aproximados de toda la estructura de pavimento, en base a obras adjudicadas en la ciudad de Cuenca y Guayaquil, se obtuvo un presupuesto aproximado de \$434.683,15 para los 10 años del pavimento flexible.

En el anexo 13 se presenta un presupuesto referencial aproximado.

3.7.2 Diseño del pavimento rígido

-El tránsito fue uno de los principales factores considerados en el diseño. para el cual se realizó un diseño que soporte. Este factor se cuantificó mediante un parámetro de ESALs, para el cual se obtuvo el siguiente valor.

ESALs=2596573.317

En el anexo 11 se puede observar el proceso de cálculo.

-Para el periodo diseño se tomó un n=20 años, es el periodo normalmente recomendado para este tipo de estructuras.

-Debido a que, fue catalogada como una vía colectora para la serviciabilidad se tomaron los siguientes valores:

PSIo=4.5

PSI_f=2.5

Δ PSI=2

-Los valores de confiabilidad tomados fueron los siguientes:

R=85

Z_r=-1.036

-Al implementarse por primera vez una estructura de pavimento, el valor de desviación estándar fue:

S_o=0.35

-En base a las características de la subrasante mejorada y la base destinada para la vía, se obtuvieron los siguientes valores para el coeficiente de reacción combinada, como se muestra en la tabla III-19.

Tabla III-19

Coeficiente de reacción combinada.

CBR subrasante	20.00	%
CBR_base	80.00	%
h	28	cm
k _o	7.301234472	kg/cm ³
k _l	19.04786649	kg/cm ⁴
k _c	10.39989405	kg/cm ⁵
k _c	106.0477196	Mpa/m

Fuente: Elaboración propia (2024).

-Se espera tener un drenaje bueno y en base a los valores de la tabla III-8.

C_d=1.02

- Al tener un valor de ESALs menor a 5´000.000 EE la resistencia a la compresión del concreto deberá ser de 280 kg/cm².

Tras aplicar la fórmula del módulo de resiliencia, se obtuvieron los siguientes resultados, que se presentan en la tabla III-20.

Tabla III-20

Módulo de rotura.

f _c	280	Kg/cm ²
a		2.2
MR	36.81304117	Kg/cm ²
MR	3.619874841	Mpa/m

Fuente: Elaboración propia (2024).

-Aplicando la fórmula del módulo elástico del concreto se obtuvo.

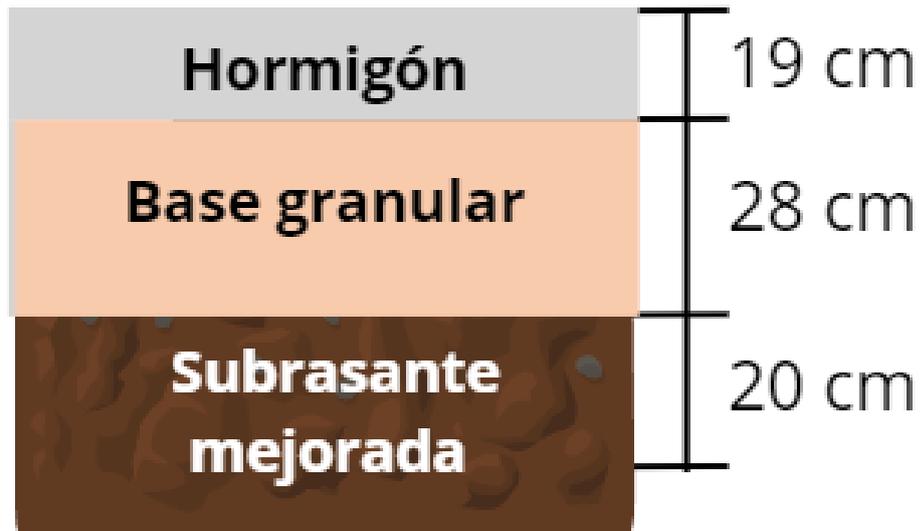
E=24628.65323 Mpa/m

-Para el coeficiente de transferencia de cargas se utilizó:

J=2.8

-Con todos estos valores se aplicó la ecuación 19, lo que dio como resultado un espesor de 19 cm de hormigón para cumplir con la igualdad. En la ilustración III-5 muestran las distintas capas con sus respectivas medidas.

Ilustración III-5 Diseño del pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia (2024).

-Juntas

Juntas transversales

Se deberá colocar barras de 1 pulgada de 35 cm de largo cada 30 cm, para dividir los paños se realizan cada 4 m, como se indica en la tabla III-21.

Tabla III-21

Juntas transversales.

Juntas transversales	
N° varillas	20
Largo (cm)	35
Separación (cm)	30
Masa nominal	2.8
Acero Kg	9800

Fuente: Elaboración propia (2024).

Juntas longitudinales

Se colocarán barras de 0.5 pulgadas de 60 cm de longitud cada 100 cm, como se muestran en la tabla III-22.

Tabla III-22

Juntas longitudinales.

Juntas Longitudinales	
N° varillas	2000
Largo (cm)	60
Separación (cm)	100
Masa nominal	1.3
Acero Kg	1560

Fuente: Elaboración propia (2024).

-Presupuesto referencial aproximado

Para el presupuesto únicamente se consideró los precios aproximados de toda la estructura de pavimento, en base a obras adjudicadas en la ciudad de Cuenca y Guayaquil, el cual arrojó un presupuesto aproximado de \$880.412,93 para los 20 años del pavimento rígido. En el anexo 14 se presenta un presupuesto referencial aproximado.

En el anexo 12 se presentan los planos del diseño de pavimento, tanto para el pavimento rígido como el pavimento flexible.

Conclusiones

El diseño se enfocó en cumplir las necesidades de la población existente en la zona, utilizando tres diferentes normas; la MTOP 2002, NEVI 12 y MTC, con la finalidad de cumplir con los requisitos técnicos y adaptarse de una manera efectiva a la vía preexistente y a las demandas específicas de la comunidad local.

En la calle, el conteo automático promedió es de 642 vehículos, con un TPDA inicial de 582 y un TPDA futuro valuado en 918. En cuanto al suelo encontrado en todas las calicatas, el primer estrato fue clasificado como material orgánico. En cinco de los ocho estratos del suelo se encontró un suelo A 7-5, mientras que el restante era suelo A5. El CBR ponderado obtuvo un valor de 3.8%. Para clasificar la vía, la NEVI 12 la designó como un camino básico.

El diseño geométrico de la vía fue realizado en base a los valores recomendados por la MOP. Sin embargo, como la vía estaba ya consolidada se utilizó valores absolutos inferiores al mínimo, siempre y cuando el diseño busque aprovechar infraestructuras existentes o exista la presencia de una población. Con una velocidad de diseño de 40 km/h, categorizando como una carretera clase V montañosa. como es el caso de la vía Manuel de la piedra y cruz. Obteniendo parámetros cómodos y seguros para los usuarios de las vías como se mostró anteriormente en el capítulo II del presente trabajo. Una vez finalizado el diseño geométrico se llevó a cabo el diseño de pavimentos, considerando dos alternativas de pavimento la primera el diseño del pavimento rígido, cuyos resultados obtenidos identifican una capa de 19 cm de hormigón de espesor, sobre una base granular clase I de 28 cm y una capa de mejoramiento para un periodo de diseño de 20 años.

En el caso del pavimento flexible, para un periodo de 10 años se diseñó una estructura compuesta por concreto asfáltico de 3 pulgadas, base-cemento de 25 cm y una subbase de 30 cm. Una vez concluido este periodo se recomienda un reemplazo del concreto asfáltico por una capa de un tercio del concreto asfáltico con una nueva capa de 3 pulgadas, lo que se espera asegure un servicio adecuado durante un periodo de 20 años. Basándose en el presupuesto referencial realizado a partir de los precios unitarios del sector, se identificó un presupuesto referencial aproximado exclusivamente para la infraestructura de la vía. Este estimado no incluía redes eléctricas, alcantarillado ni agua potable. Se estimó un costo aproximado de \$434.683,15 para los 10 años del pavimento flexible y \$880.412,93 para los 20 años del pavimento rígido.

Recomendaciones

- El alcance de los estudios del presente trabajo correspondía solo al diseño vial, no se incluye el diseño de alcantarillado. Por lo tanto, se recomienda que se realicen los estudios y la construcción del mismo previo a la ejecución de la vía.
- Durante la realización de los estudios se comprobó que existen varias interferencias con el sistema de agua potable existente el mismo que debe ser considerado en la etapa constructiva para evitar daños al sistema existente.
- Durante las visitas de campo y los estudios realizados in situ se comprobó la falta de alumbrado público en el sector, por consiguiente, se recomienda la realización de un estudio y la implementación del mismo a lo largo de la vía.
- Tal como se demuestra en los estudios realizados es necesario el mejoramiento de la subrasante previo a la construcción de la vía.
- Para optimizar costos y el diseño geométrico se podría diferenciar el tráfico en dos sectores específicos. El primero en el Racar plaza donde existe una gran cantidad de vehículos pesados y el segundo aproximadamente a 600m de la plaza con dirección a la calle Cesar Andrade y Cordero, el tráfico generado es local.

Referencias

- AASHTO. (1993). *Guide for desing of pavement*.
https://www.academia.edu/8963834/AASHTO_Guide_for_Design_of_Pavement_Structures_1993.
- Alfonso Montejo, F. (1998). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Universidad Católica de Colombia (2da Edición).
- Campoverde Campoverde, M. L., & Peralta Tapia, C. H. (2019). *Diseño geométrico y de pavimento de la Vía Rayoloma tramo redondel del Seguro-El Tablón, desde la abscisa 0+000 hasta la 4+031, ubicado en el cantón Cuenca, provincia del Azuay*.
<https://dspace.ucacue.edu.ec/items/5a75d8e8-aff4-49bf-a6b8-9febcaaaa51>.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. Ecoe Ediciones (2da Edición).
- Das M. Braja. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Brooks/Cole Publishing Company (4ta Edición).
- LLANO DÍAZ, L. R., & MOSQUERA CAICEDO, V. (2006). *El Modelo LOGIT una alternativa para medir probabilidad de permanencia estudiantil*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2671>.
- MOP. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*.https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/MPR_Chimborazo_Cumanda_Especificaciones-Tecnicas-MOP-001-F-2002.pdf.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*. <https://shorturl.at/kkhpk>.

NEVI-12. (2013). *Volumen N° 2-libro a norma para Estudios y Diseños*

Viales. <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp->

[content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-)

[12 VOLUMEN 2A.pdf.](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_2A.pdf)

NEVI-12. (2013). *Volumen N° 3 Especificaciones generales para la*

construcción de caminos y puentes.

<https://www.obraspublicas.gob.ec/wp->

[content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-)

[12 VOLUMEN 3.pdf.](https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-12_VOLUMEN_3.pdf)

MTOP. (2003). *Normas de diseño geométrico de carreteras.*

<https://fdocuments.ec/document/normas-de-diseno-geometrico-2003->

[mop-desprotegido.html?page=1.](https://fdocuments.ec/document/normas-de-diseno-geometrico-2003-mop-desprotegido.html?page=1)

Anexo 1 Conteo manual.

(69-72)

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 70

Hora	Automóviles		Camiones				Bus	Volqueta	Total
	Vehículos livianos	Camionetas/SUV	2D	2DA	2DB	3A			
		 							
6:00-6:15	2	2			2			6	
6:15-6:30	2	1			2			5	
6:30-6:45	3	1						4	
6:45-7:00	14	9				1		24	
7:00-7:15	3	2		1				6	
7:15-7:30	7	2			4	1		14	
7:30-7:45	6	5		3	3	1	1	19	
7:45-8:00	27	11		7	4			49	
8:00-8:15	9	6		4	1			20	
8:15-8:30	5	2		1	1	1		10	
8:30-8:45	7	8	2		2			19	
8:45-9:00	17	8		1	1	1		28	
9:00-9:15	4	5		1	2			12	
9:15-9:30		2			6			8	
9:30-9:45	1	6			2			9	
9:45 - 10:00	2	5		1	3	1		12	
10:00-10:15	2	1		2	4			9	
10:15-10:30	1	2		1	1			5	
10:30-10:45	4	5	1	1	4	1		16	
10:45 - 11:00	2	2		2	2	1		9	
11:00-11:15	2	6	2	2	1	2		15	
11:15-11:30	2	1			4			7	
11:30-11:45	3	2		1	4			10	
11:45 - 12:00	1	6		1	5			13	
12:00-12:15	3	4	1		1	1		10	
12:15-12:30	2	2	3	1		2		10	
12:30-12:45	3	3	4		1	3		14	
12:45 - 13:00		4						4	
13:00-13:15	5	2		1	1			9	
13:15-13:30		5		2		2		9	
13:30-13:45	1	3	4	2	1			11	
13:45 - 14:00	6	4	1	1	2	2		16	
14:00-14:15		5	1		1	1	1	9	

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 71

14:15-14:30	10	3	1	2	8				24
14:30-14:45	2	5			1				8
14:45-15:00	5	8	3		1	1			18
15:00-15:15	2	4		1		3			10
15:15-15:30	1	5	2		3	1			12
15:30-15:45	4	7	2	2			1		16
15:45 - 16:00	2	4	2	1	1				10
16:00-16:15	3	1	2		3				9
16:15-16:30	3	2	1	3	1				10
16:30-16:45	5	4		5	1				15
16:45 - 17:00	6	2		2	1				11
17:00-17:15	4	1	1	2		1			9
17:15-17:30	2	5		1	2	1			11
17:30-17:45	3	3	2	1	1				10
17:45 - 18:00	1		1	1	1	2			6
Total	199	186	36	57	89	30	1	2	600

Fuente: Elaboración propia (2024).

Hora	Automóviles		Camiones				Bus	Volqueta	Total
	Vehículos livianos	Camionetas/SUV	2D	2DA	2DB	3A			
									
6:00-6:15	1	1					1		3
6:15-6:30	2								2
6:30-6:45	2	1		1					4
6:45-7:00	9	4			1				14
7:00-7:15	7	11	1		1				20
7:15-7:30	4	2				1			7
7:30-7:45	3	2			1				6
7:45-8:00	5			1					6
8:00-8:15	2	7			4			1	14
8:15-8:30	5	2	1	1	1				10
8:30-8:45	2	4	1						7
8:45-9:00	2	4		1	2				9
9:00-9:15	6	1			2	1			10
9:15-9:30		1		1	1	1			4
9:30-9:45	1	3		2	1				7
9:45 - 10:00		5		2	4	1			12
10:00-10:15	2	4			2				8
10:15-10:30	3	4		2	2	1			12
10:30-10:45	1	1	1		4				7
10:45 - 11:00	7	2			2	1			12
11:00-11:15	1	4		1	3				9
11:15-11:30		3	1	1	7			1	13
11:30-11:45	2	1			1				4

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 72

11:45 - 12:00	3	7		1	2				13
12:00-12:15	5	3		2	1				11
12:15-12:30	3	2	2	6	1				14
12:30-12:45	2	2	1	3					8
12:45 - 13:00	3	2		1	5	2			13
13:00-13:15	13	11	2	4	10	1			41
13:15-13:30	2	6			1				9
13:30-13:45		5	2	1					8
13:45 - 14:00	1		2		1	1			5
14:00-14:15	2	3		2					7
14:15-14:30	3	4	3	3					13
14:30-14:45	2	3		2					7
14:45-15:00	1	4	3	4	2				14
15:00-15:15	3			2		1			6
15:15-15:30	1	2	1		1				5
15:30-15:45	2	6		2	3	1	1		15
15:45 - 16:00	2	8	2		1	2			15
16:00-16:15	2	3	1		2	2			10
16:15-16:30	6	4	2	1		2			15
16:30-16:45	3	2	4	2	3				14
16:45 - 17:00	3	2	3	1	4				13
17:00-17:15	6	3		3	1	2			15
17:15-17:30	5	2	1	2		1			11
17:30-17:45	3			2	6	3			14
17:45 - 18:00	1	4		5	5	1			16
Total	144	155	34	64	87	24	2	2	512

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 2 Cálculo del TPDA.

(73-74)

Fh	1,257751938	
Fd	0,989874532	
Fs	1	
Fm	0,906517823	
TPDAo	582	Veh

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 3 Cálculo del TPDA futuro.

(75-76)

Tipo de vehículo		2024	2027	2037	2047
Livianos	Automóviles	180	200	261	315
	Camionetas	178	198	259	313
Buses	Bus bp	2	3	5	7
Camiones	2D	37	38	40	42
	2DA	63	66	76	86
	2DB	92	94	105	117
	3A	28	28	30	32
	V2DB	2	2	4	6
Total		582	629	780	918

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 4 Plano topográfico.
(77-78)



Simbología:

- Vía existente
- Entradas

Ubicación:



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Diseño: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

Dibujo: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

Revisión: Ing. Pablo Carvallo

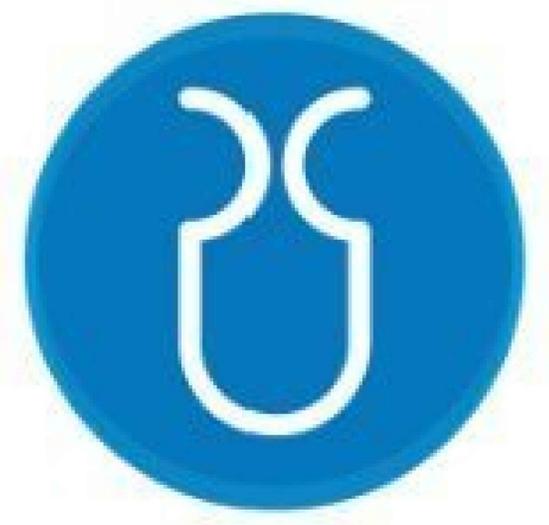
Escala: 1:1000 No: 1/2



Simbología:

- Vía existente
- Entradas

Ubicación:



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Diseño: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

Dibujo: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

Revisión: Ing. Pablo Carvallo

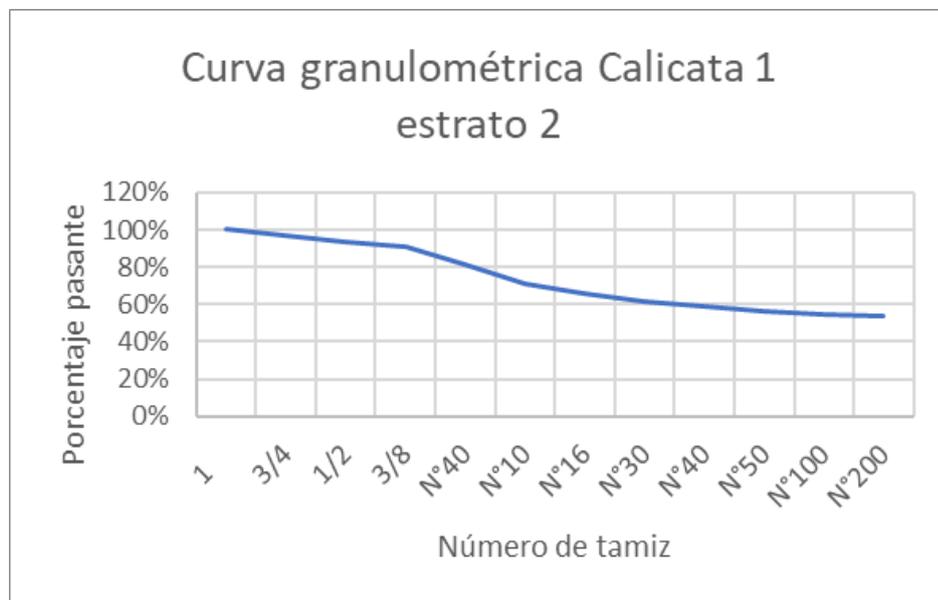
Escala: 1:1000	No: 2/2
----------------	---------

Anexo 5 Ensayo de Granulometría.

(80-88)

Calicata 1 estrato 2					
Tamiz		Masa retenida		% Retenido	% Pasante
Pulgadas	mm	Parcial (g)	Acumulado (g)		
1	25	0	0	0%	100%
3/4	19	19,45	19,45	3%	97%
1/2	12,5	27,44	46,89	6%	94%
3/8	9,5	17,12	64,01	9%	91%
N°40	4,75	71,84	135,85	19%	81%
N°10	2	74,23	210,08	29%	71%
N°16	0,85	39,72	249,8	34%	66%
N°30	0,6	30,61	280,41	38%	62%
N°40	0,425	20,12	300,53	41%	59%
N°50	0,25	17,36	317,89	44%	56%
N°100	0,15	15,92	333,81	46%	54%
N°200	0,075	2,53	336,34	46%	54%
Masa pasa N°200		19,92	356,26	49%	51%
Masa seca de suelo antes del lavado A (g)					730,46
Masa seca de suelo después del lavado B (g)					357
Masa que pasa el tamiz N°200 (g)					373
Porcentaje de suelo fino que pasa el tamiz N°200 (%)					51%

Fuente: Elaboración propia (2024).

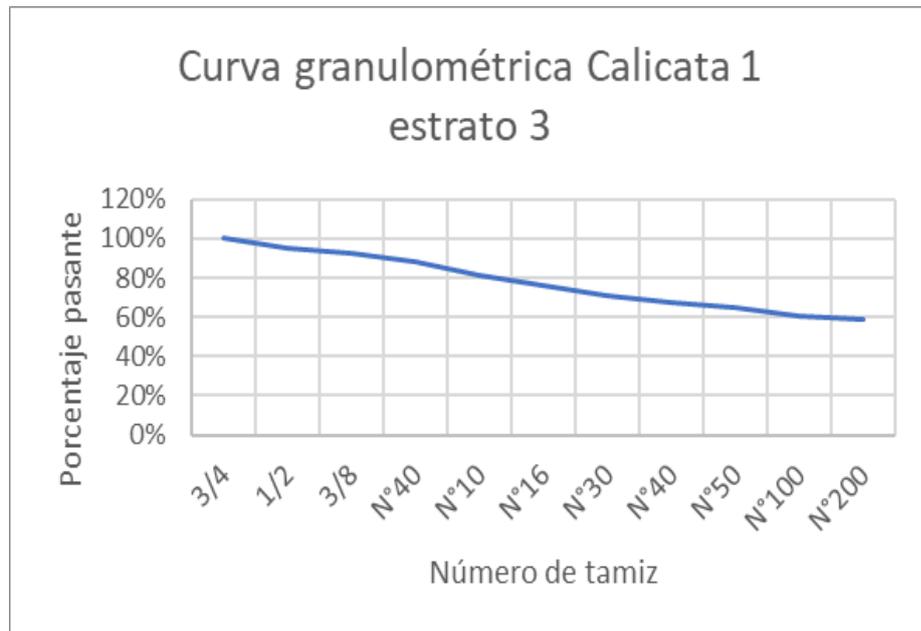


Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 1 estrato 3					
Tamiz		Masa retenida		% Retenido	% Pasante
Pulgadas	mm	Parcial (g)	Acumulado (g)		
3/4	19	0	0	0%	100%
1/2	12,5	38,16	38,16	5%	95%
3/8	9,5	19,97	58,13	8%	92%
N°40	4,75	30,76	88,89	12%	88%

N°10	2	48,25	137,14	19%	81%
N°16	0,85	37,48	174,62	24%	76%
N°30	0,6	40,48	215,1	29%	71%
N°40	0,425	25,28	240,38	33%	67%
N°50	0,25	18,33	258,71	35%	65%
N°100	0,15	29,35	288,06	39%	61%
N°200	0,075	15,32	303,38	41%	59%
Masa pasa N°200		2,87	306,25	42%	58%
Masa seca de suelo antes del lavado A (g)					735,45
Masa seca de suelo después del lavado B (g)					306
Masa que pasa el tamiz N°200 (g)					429
Porcentaje de suelo fino que pasa el tamiz N°200 (%)					58%

Fuente: Elaboración propia (2024).

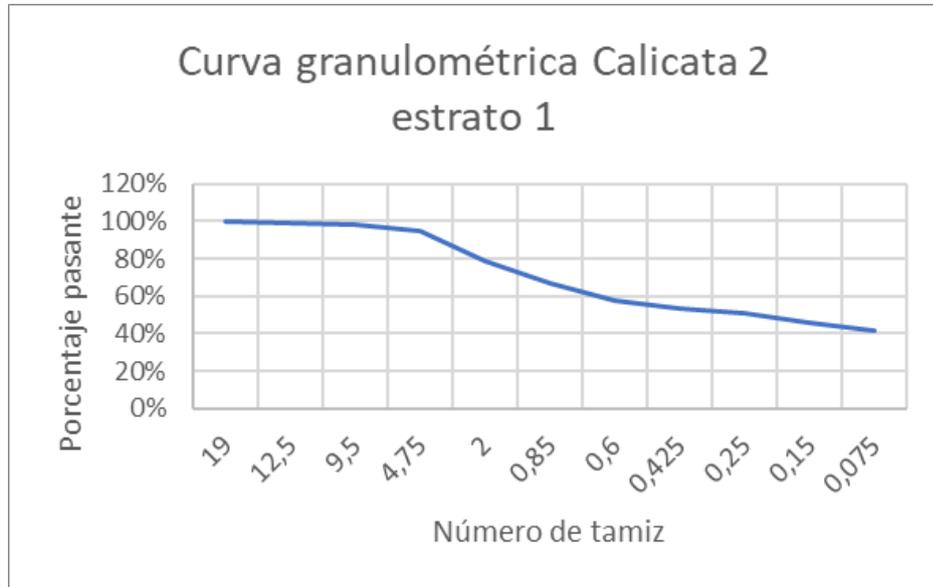


Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 2 estrato 2					
Tamiz		Masa retenida		% Retenido	% Pasante
Pulgadas	mm	Parcial (g)	Acumulado (g)		
3/4	19	0	0	0%	100%
1/2	12,5	12	12	1%	99%
3/8	9,5	2,36	14,36	1%	99%
N°40	4,75	40,68	55,04	6%	94%
N°10	2	160,05	215,09	22%	78%
N°16	0,85	118,85	333,94	33%	67%
N°30	0,6	91,47	425,41	43%	57%
N°40	0,425	40,26	465,67	47%	53%
N°50	0,25	29,75	495,42	50%	50%
N°100	0,15	49,57	544,99	54%	46%
N°200	0,075	41,1	586,09	59%	41%
Masa pasa N°200		9,32	595,41	60%	40%
Masa seca de suelo antes del lavado A (g)					1000

Masa seca de suelo después del lavado B (g)	596
Masa que pasa el tamiz N°200 (g)	404
Porcentaje de suelo fino que pasa el tamiz N°200 (%)	40%

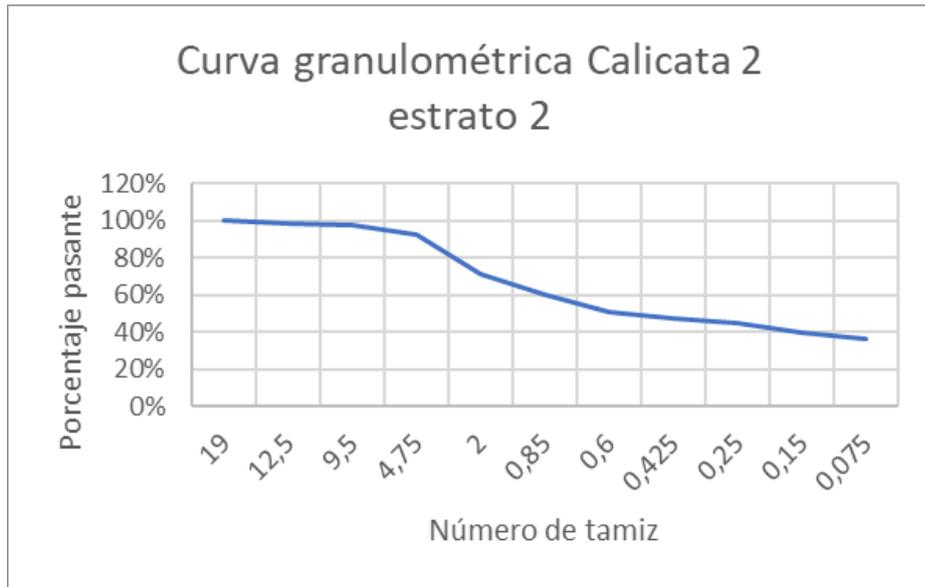
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 2 estrato 3					
Tamiz		Masa retenida		% Retenido	% Pasante
Pulgadas	mm	Parcial (g)	Acumulado (g)		
3/4	19	0	0	0%	100%
1/2	12,5	16,4	16,4	2%	98%
3/8	9,5	8,64	25,04	3%	97%
N°40	4,75	48,04	73,08	7%	93%
N°10	2	212,88	285,96	29%	71%
N°16	0,85	116,71	402,67	40%	60%
N°30	0,6	94,1	496,77	50%	50%
N°40	0,425	33,37	530,14	53%	47%
N°50	0,25	26,19	556,33	56%	44%
N°100	0,15	46,35	602,68	60%	40%
N°200	0,075	38,07	640,75	64%	36%
Masa pasa N°200		15,5	656,25	66%	34%
Masa seca de suelo antes del lavado A (g)					1001
Masa seca de suelo después del lavado B (g)					657
Masa que pasa el tamiz N°200 (g)					344
Porcentaje de suelo fino que pasa el tamiz N°200 (%)					34%

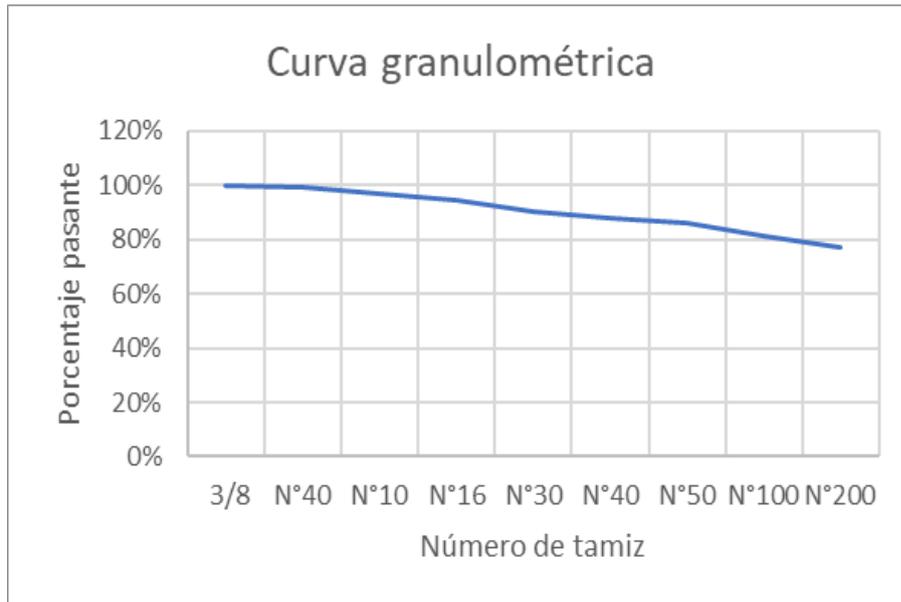
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 3 estrato 2					
Tamiz		Masa retenida		% Retenido	% Pasante
Pulgada	mm	Parcial (g)	Acumulado (g)		
3/8	9,5	0	0	0%	100%
N°40	4,75	8,62	8,62	1%	99%
N°10	2	23,32	31,94	3%	97%
N°16	0,85	26,94	58,88	6%	94%
N°30	0,6	37,12	96	10%	90%
N°40	0,425	23,24	119,24	12%	88%
N°50	0,25	22,17	141,41	14%	86%
N°10	0,15	44,43	185,84	19%	81%
N°20	0,075	41,35	227,19	23%	77%
Masa pasa N°200		19,32	246,51	25%	75%
Masa seca de suelo antes del lavado A (g)					1000
Masa seca de suelo después del lavado B (g)					247
Masa que pasa el tamiz N°200 (g)					753
Porcentaje de suelo fino que pasa el tamiz N°200 (%)					75%

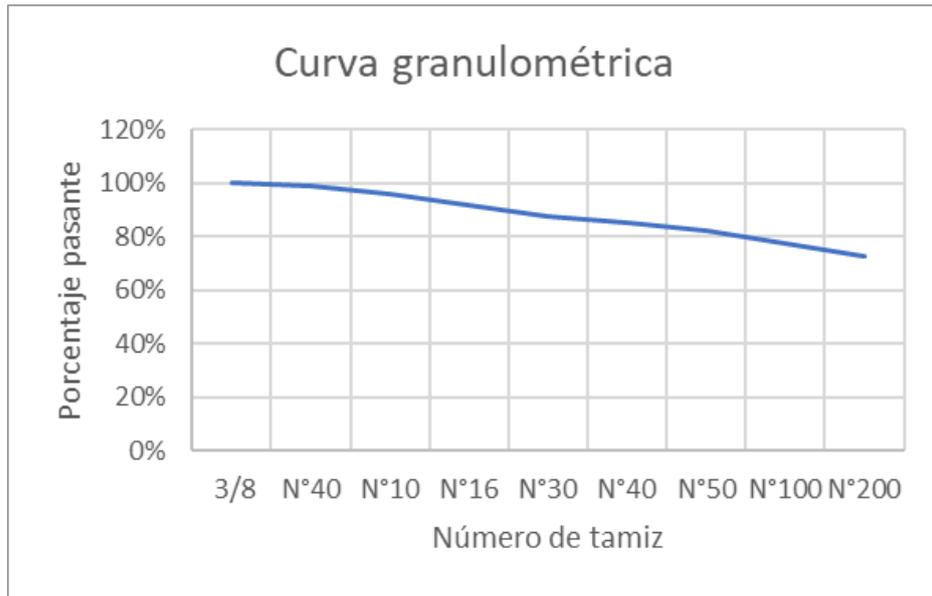
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 3 estrato3					
Tamiz		Masa retenida		% Retenido	% Pasante
Pulgadas	mm	Parcial (g)	Acumulado (g)		
3/8	9,5	2,06	2,06	0%	100%
N°40	4,75	6,51	8,57	1%	99%
N°10	2	33,87	42,44	4%	96%
N°16	0,85	39,91	82,35	8%	92%
N°30	0,6	44,82	127,17	13%	87%
N°40	0,425	24,35	151,52	15%	85%
N°50	0,25	26,8	178,32	18%	82%
N°100	0,15	49,73	228,05	23%	77%
N°200	0,075	46,8	274,85	27%	73%
Masa pasa N°200		11,09	285,94	29%	71%
Masa seca de suelo antes del lavado A (g)					1003
Masa seca de suelo después del lavado B (g)					286
Masa que pasa el tamiz N°200 (g)					717
Porcentaje de suelo fino que pasa el tamiz N°200 (%)					71%

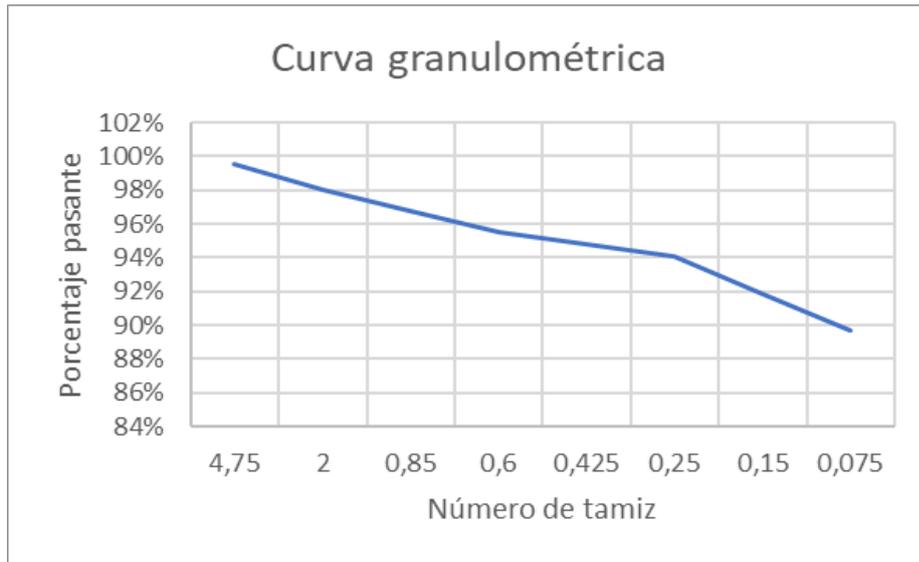
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 4 estrato 2					
Tamiz		Masa retenida		% Retenido	% Pasante
Pulgadas	mm	Parcial (g)	Acumulado (g)		
N°40	4,75	2,3	2,3	0%	100%
N°10	2	7,74	10,04	2%	98%
N°16	0,85	6,32	16,36	3%	97%
N°30	0,6	6,07	22,43	4%	96%
N°40	0,425	3,65	26,08	5%	95%
N°50	0,25	3,33	29,41	6%	94%
N°100	0,15	11,23	40,64	8%	92%
N°200	0,075	10,73	51,37	10%	90%
Masa pasa N°200		2,21	53,58	11%	89%
Masa seca de suelo antes del lavado A (g)					500
Masa seca de suelo después del lavado B (g)					54
Masa que pasa el tamiz N°200 (g)					446
Porcentaje de suelo fino que pasa el tamiz N°200 (%)					89%

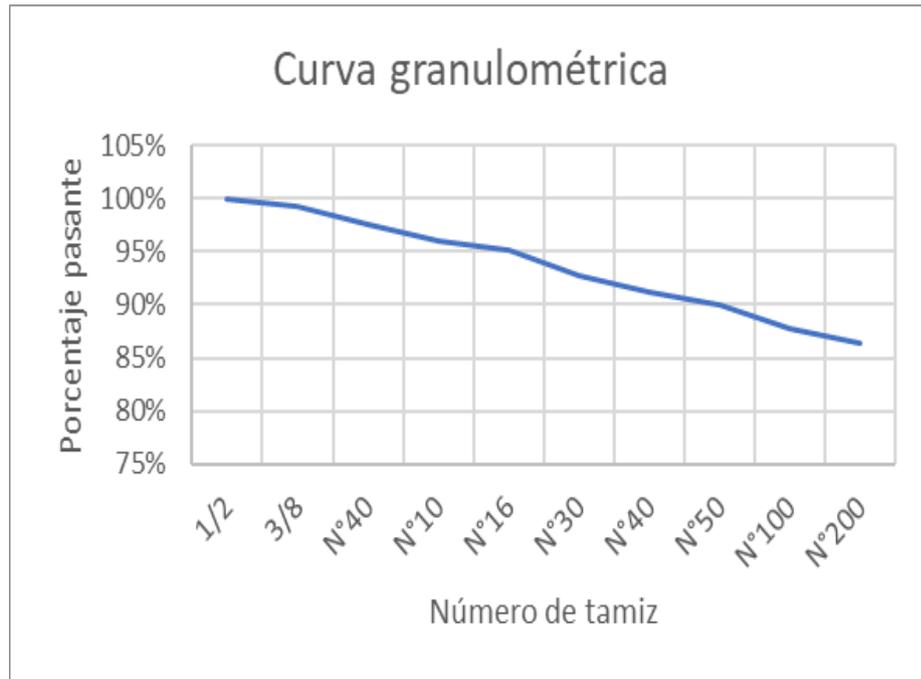
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 4 estrato 3					
Tamiz		Masa retenida		% Retenido	% Pasante
Pulgadas	mm	Parcial (g)	Acumulado (g)		
1/2	12,5	0	0	0%	100%
3/8	9,5	6,51	6,51	1%	99%
N°40	4,75	18,21	24,72	2%	98%
N°10	2	14,96	39,68	4%	96%
N°16	0,85	8,97	48,65	5%	95%
N°30	0,6	23,95	72,6	7%	93%
N°40	0,425	15,02	87,62	9%	91%
N°50	0,25	11,86	99,48	10%	90%
N°100	0,15	22,99	122,47	12%	88%
N°200	0,075	14,13	136,6	14%	86%
Masa pasa N°200		1,41	138,01	14%	86%
Masa seca de suelo antes del lavado A (g)					1000,34
Masa seca de suelo después del lavado B (g)					138
Masa que pasa el tamiz N°200 (g)					862
Porcentaje de suelo fino que pasa el tamiz N°200 (%)					86%

Fuente: Elaboración propia (2024).



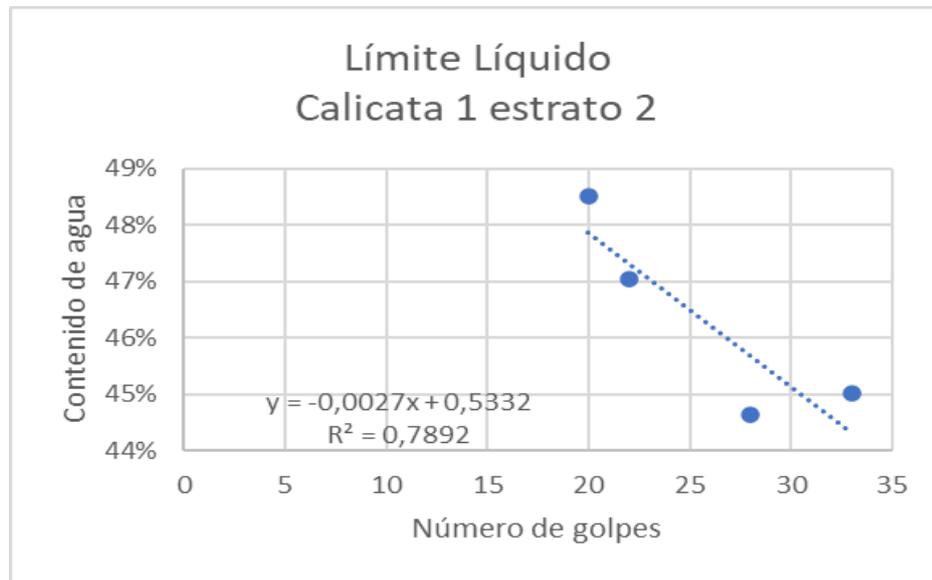
Fuente: Elaboración propia (2024).

**Anexo 6 Límites de Atterberg.
(89-95)**

Límite líquido

Calicata 1 estrato 2				
Número de golpes	33	28	22	20
Contenido de agua (%)	45%	45%	47%	49%
Límite líquido	47%			

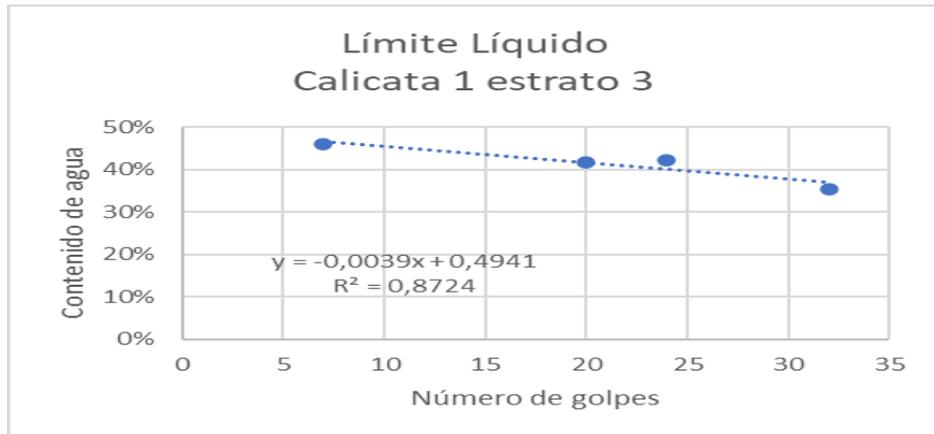
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 1 estrato 3				
Número de golpes	32	24	20	7
Contenido de agua (%)	35%	42%	42%	46%
Límite líquido	40%			

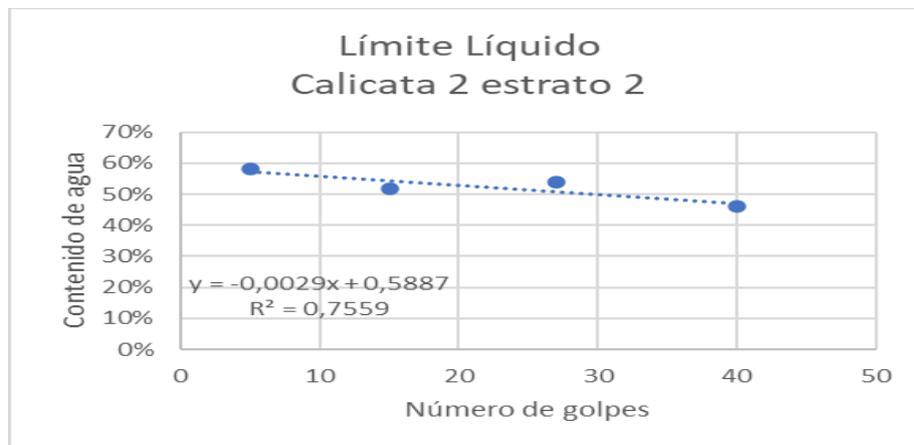
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 2 estrato 2				
Número de golpes	40	27	15	5
Contenido de agua (%)	46%	54%	52%	58%
Límite líquido	52%			

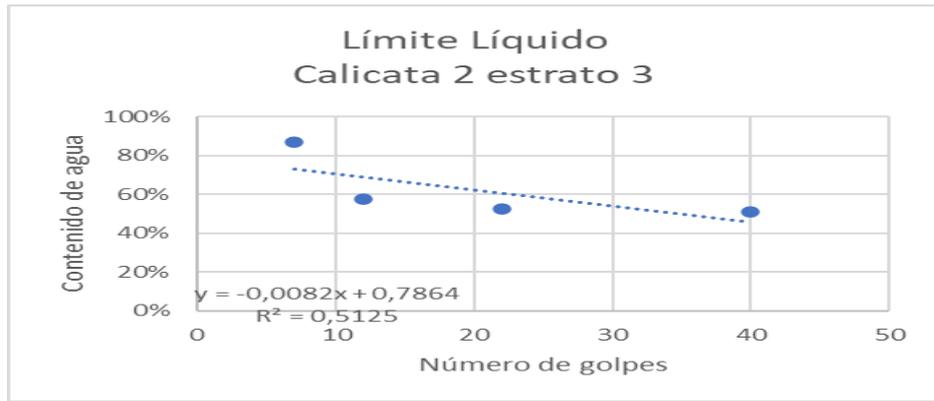
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 2 estrato 3				
Número de golpes	40	22	12	7
Contenido de agua (%)	51%	53%	58%	87%
Límite líquido	58%			

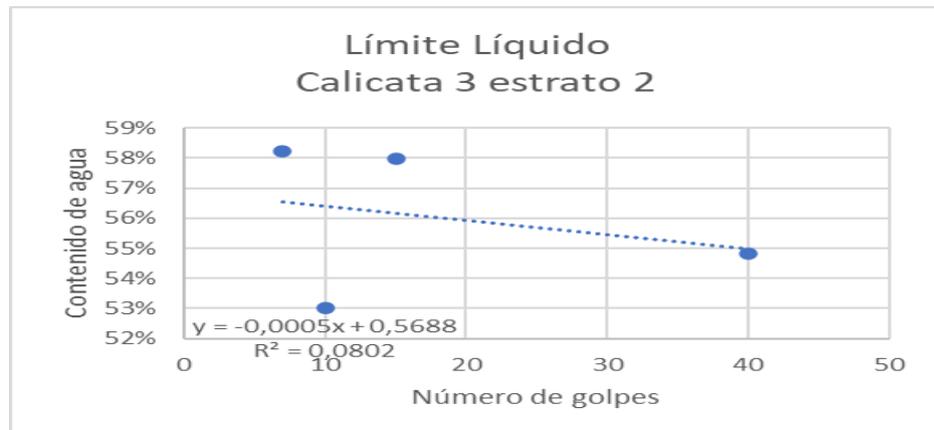
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 3 estrato 2			
Número de golpes	40	10	7
Contenido de agua (%)	55%	58%	58%
Límite líquido	56%		

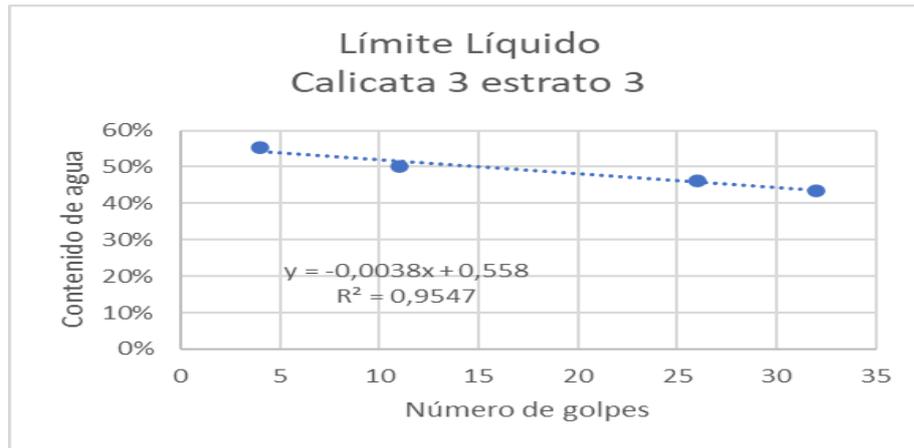
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 3 estrato 3			
Número de golpes	32	26	11
Contenido de agua (%)	44%	46%	50%
Límite líquido	46%		

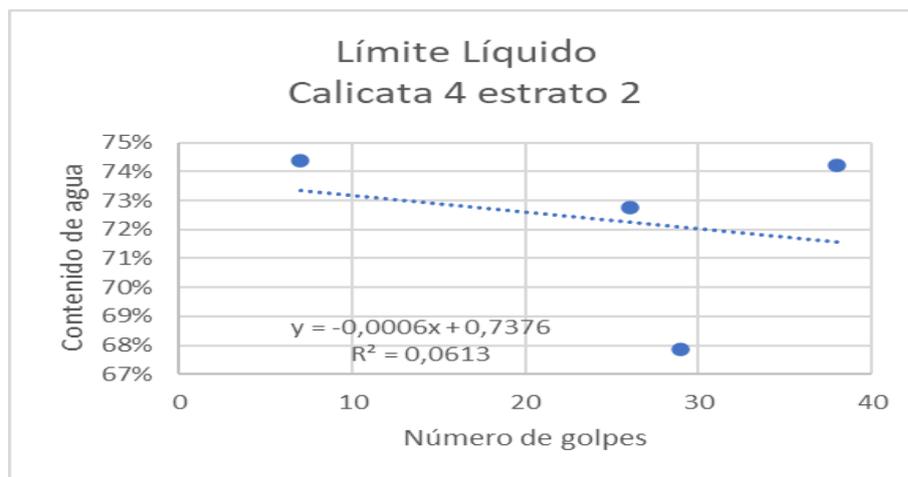
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 4 estrato 2				
Número de golpes	38	29	26	7
Contenido de agua (%)	74%	68%	73%	74%
Límite líquido	59%			

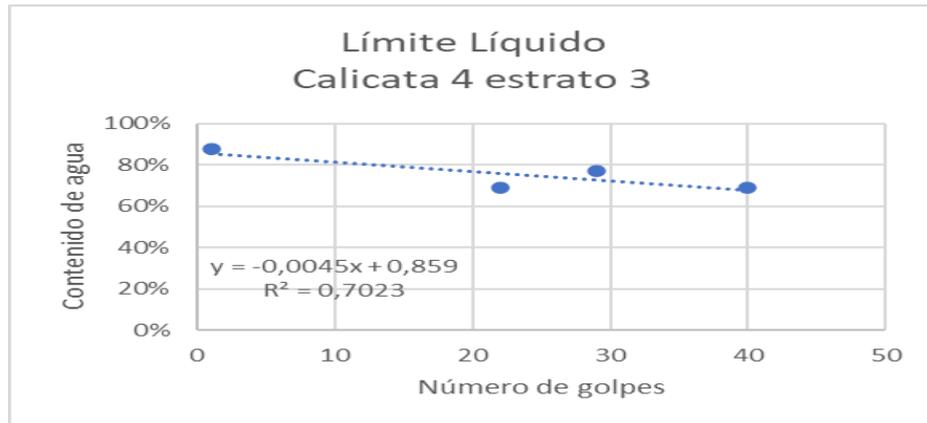
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 4 estrato 3				
Número de golpes	40	29	22	1
Contenido de agua (%)	69%	77%	69%	88%
Límite líquido	75%			

Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Propia

Límite plástico

Calicata 1 estrato 2			
Contenido de agua (%)	33%	41%	42%
Límite plástico	47%		

Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 1 estrato 3			
Contenido de agua (%)	40%	31%	35%
Límite plástico	40%		

Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 2 estrato 2			
Contenido de agua (%)	21%	20%	61%
Límite plástico	52%		

Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 2 estrato 3			
Contenido de agua (%)	32%	41%	34%
Límite plástico	58%		

Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 3 estrato 2			
Contenido de agua (%)	33%	33%	35%

Límite plástico	56%
-----------------	-----

Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 3 estrato 3			
Contenido de agua (%)	29%	47%	43%
Límite plástico	46%		

Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 4 estrato 2			
Contenido de agua (%)	32%	43%	62%
Límite plástico	59%		

Fuente: Elaboración propia (2024).

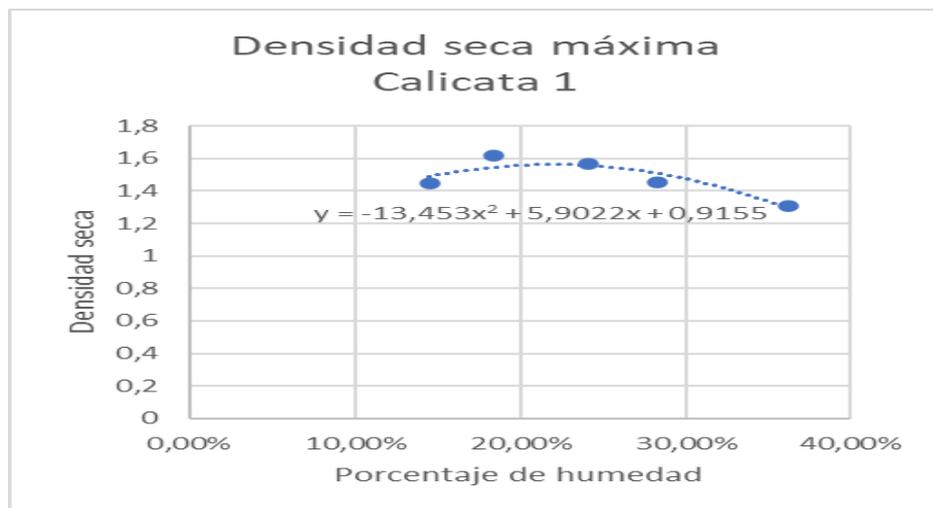
Calicata 4 estrato 3			
Contenido de agua (%)	72%	30%	37%
Límite plástico	75%		

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 7 Proctor modificado.
(96-100)

Calicata 1					
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,6558889	1,91243507	1,94635853	1,86260999	1,78098166
Densidad seca (g/cm ³)	1,4459242	1,61534413	1,56822781	1,45142636	1,30762898
Porcentaje de humedad	14,52%	18,39%	24,11%	28,33%	36,20%
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1,56				
Humedad óptima	21,94%				

Fuente: Elaboración propia (2024).

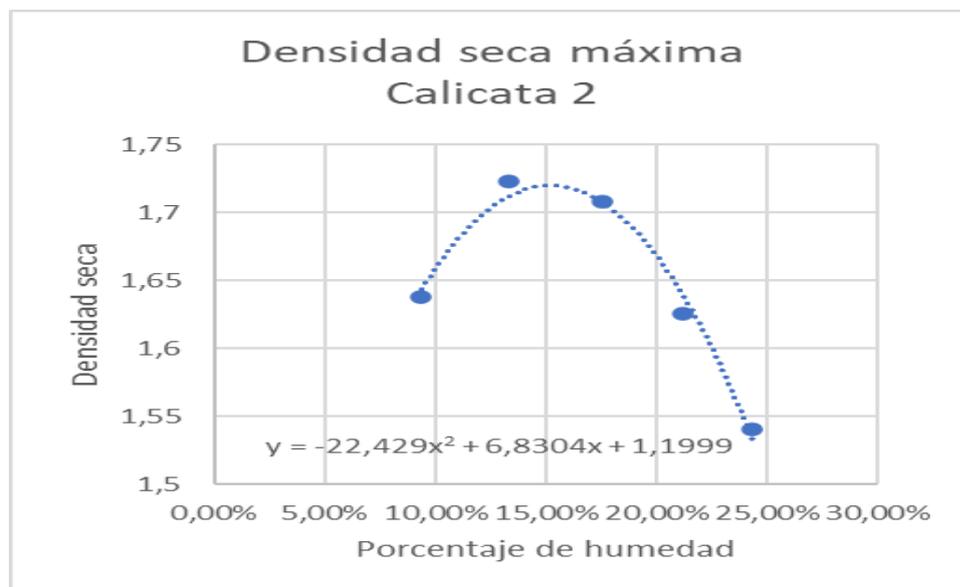


Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 2					
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,79158274	1,95271918	2,0078448	1,97074102	1,91561539
Densidad seca (g/cm ³)	1,63779089	1,72334813	1,70783702	1,62584746	1,54028317
Porcentaje de humedad	9,39%	13,31%	17,57%	21,21%	24,37%

Densidad seca máxima (g/cm ³)	1,71
Humedad óptima	16,80%

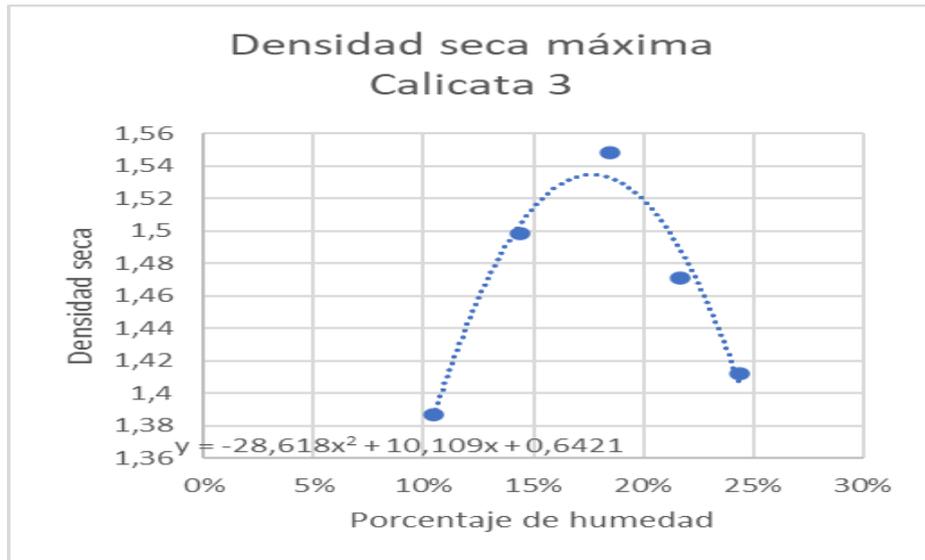
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 3					
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,53185625	1,71419485	1,83398707	1,79052263	1,75659917
Densidad seca (g/cm ³)	1,38685957	1,49856845	1,54822791	1,47125208	1,41241695
Porcentaje de humedad	10%	14,39%	18,46%	21,70%	24,37%
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1,495034643				
Humedad óptima	18,50%				

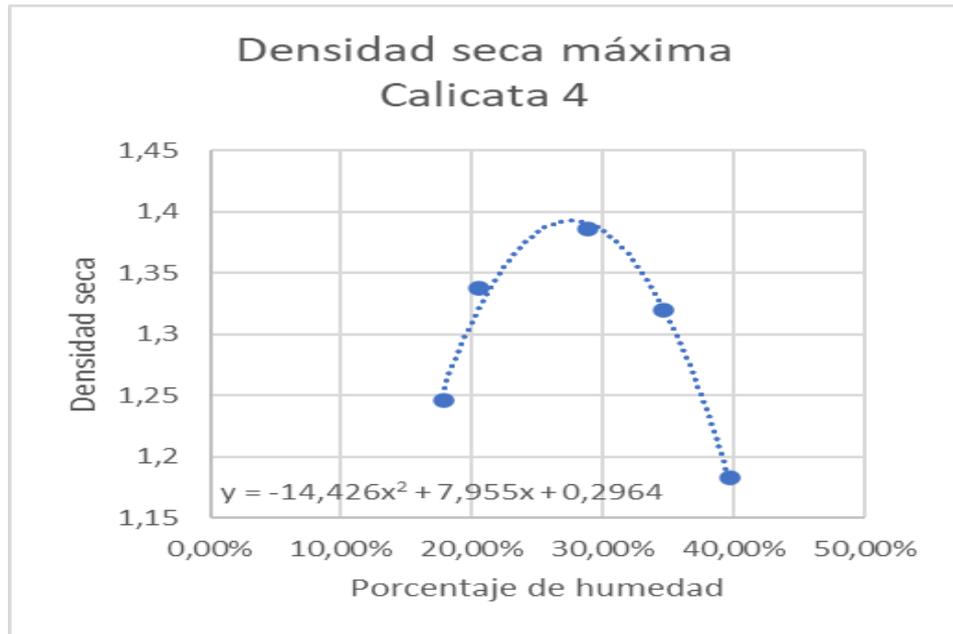
Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Calicata 4					
Densidad húmeda (g/cm ³)	1,46824976	1,61348458	1,78522209	1,77568112	1,65270858
Densidad seca	1,24593312	1,33811591	1,38613293	1,31945008	1,18289143
Porcentaje de humedad	17,84%	20,58%	28,79%	34,58%	39,72%
Densidad seca máxima (g/cm ³)	1,393066176				
Humedad óptima	27,57%				

Fuente: Elaboración propia (2024).



Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 8 CBR.

(101-107)



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Manuel de la piedra y cruz.		
Estudiantes:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Vía manuel de la piedra y cruz, comprendida entre el Camino a Racar y la via Cesar Andrade y Cordero, Cantón Cuenca-Ecuador	Fecha de Ensayo:	01/04/2024
Material:	---	Página:	2 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad(m) :	1.5
Sondaje / Calicata:	2	Norte:	9683549 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717576 m
Abscisa:	0+500	Cota:	2821 ms.n.m.

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
NORMA: ASTM D1883-73**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	56C		25C		11C	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		11	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	10,098	10,320	9,834	10,089	11,130	11,434
Peso molde (gr.)	5,698	5,698	5,608	5,608	7,271	7,271
Peso suelo compactado (gr.)	4,400	4,622	4,226	4,481	3,859	4,163
Volumen de la muestra (cm³)	2,110	2,110	2,109	2,109	2,081	2,081
Densidad húmeda (gr./cm³)	2.085	2.190	2.004	2.125	1.855	2.001
Densidad Seca (gr./cm³)	1.789	1.754	1.724	1.678	1.594	1.569

CONTENIDO DE HUMEDAD

	56C	25C	11C
Peso de tara (gr.)	17.7	17.8	16.4
Tara + suelo húmedo (gr.)	67.0	63.0	77.0
Tara + suelo seco (gr.)	60.0	54.0	68.5
Peso de agua (gr.)	7.0	9.0	8.5
Peso de suelo seco (gr.)	42.3	36.2	52.1
Humedad (%)	16.5	24.9	16.3

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	56C		25C		11C	
			Dial 0.01 mm	Expansión mm %	Dial 0.01 mm	Expansión mm %	Dial 0.01 mm	Expansión mm %
28-mar	13:00	0	0	0.00 0.00	0	0.00 0.00	0	0.00 0.00
29-mar	13:00	24	90	0.90 0.77	130	1.30 1.12	150	1.50 1.28
30-mar	13:00	48	150	1.50 1.29	290	2.90 2.50	330	3.30 2.83
31-mar	13:00	72	280	2.80 2.40	410	4.10 3.54	450	4.50 3.85
1-abr	13:00	96	385	3.85 3.30	506	5.06 4.37	562	5.62 4.81

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	56C				25C				11C			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0.025		44	2.3			43	2.2			41	2.1		
0.050		63	3.2			58	3.0			54	2.8		
0.075		80	4.1			71	3.6			63	3.3		
0.100	70.307	94	4.9	4.9	6.9	82	4.2	4.2	6.0	70	3.6	3.6	5.2
0.150		114	5.9			99	5.1			82	4.2		
0.200	105.460	126	6.5	6.5	6.1	111	5.7	5.7	5.4	92	4.8	4.7	4.5
0.250		135	6.9			123	6.3			100	5.2		
0.300		142	7.3			134	6.9			107	5.5		
0.400		159	8.2			156	8.0			120	6.2		
0.500		174	9.0			174	9.0			130	6.7		

OBSERVACIONES:



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

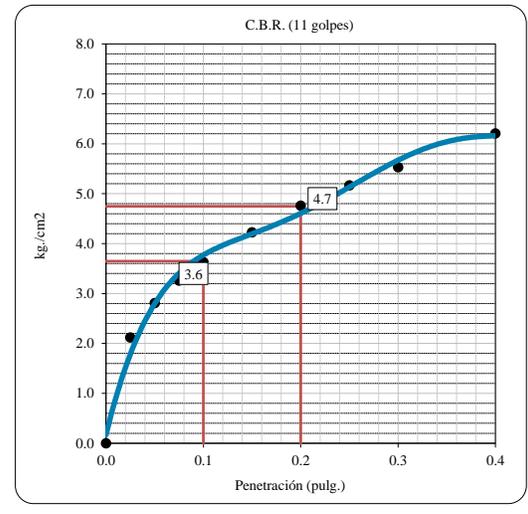
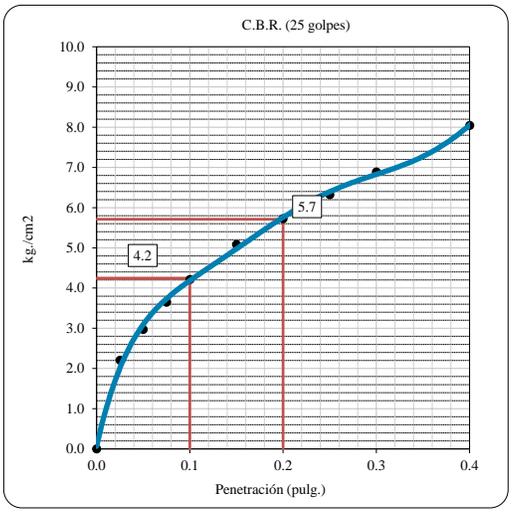
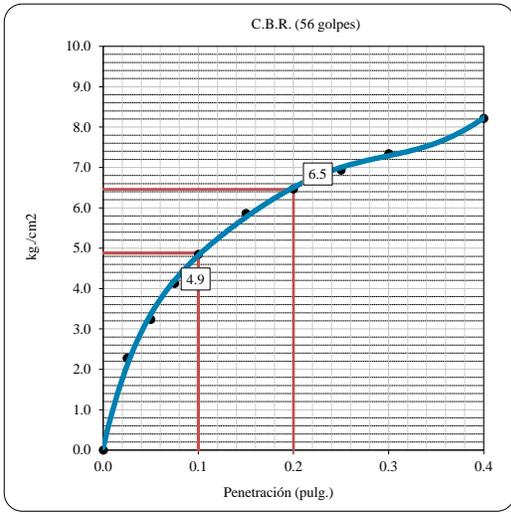
Ingeniería y Geotécnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Manuel de la piedra y cruz.		
Estudiantes:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Vía manuel de la piedra y cruz, comprendida entre el Camino a Racar y la vía Cesar Andrade y Cordero, Cantón Cuenca-Ecuador	Fecha de Ensayo:	1/04/2024
Material:	---	Página:	3 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	2	Norte:	9683549 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717576 m
Abscisa:	0+500	Cota:	2821 ms.n.m.

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA. NORMA ASTM D1883-73

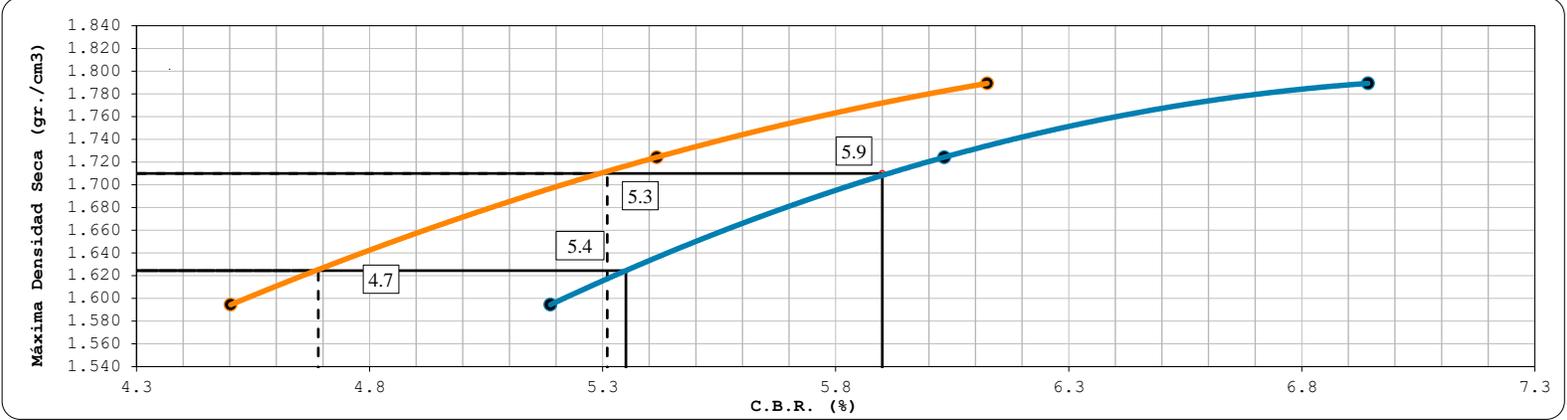
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca	1.710 gr./cm ³	Optimo Contenido de Humedad	16.80 %
Máxima Densidad Seca al 95%	1.625 gr./cm ³		



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :	6.9 %	C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :	6.0 %	C.B.R. (0.1") 11 GOLPES :	5.2 %
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	6.5 %	C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	5.7 %	C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	4.7 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" :	5.90 %	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" :	5.31 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" :	5.35 %	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" :	4.69 %

OBSERVACIONES:



Ing. Alex Ordoñez Castro. Msc
Responsable técnico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Ingeniería y Geotécnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Manuel de la piedra y cruz.		
Estudiantes:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi		
Fiscalizador:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi		
Ubicación de Proyecto:	La Vía manuel de la piedra y cruz, comprendida entre el Camino a Racar y la vía Cesar Andrade y Cordero, Cantón Cuenca-Ecuador.	Fecha:	01/04/2024
Material:	---	Página:	4 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	2	Norte:	9683549 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717576 m
Abscisa:	0+500	Cota:	2821 m

REGISTRO DE SONDAJES

Prof. (cm)	Perfil	% ω _n	LL	LP	% Gravas	% Arenas	% Finos	DESCRIPCIÓN	A A S H T O	REGISTRO FOTOGRÁFICO
0		--	--	--	---	---	---	Mejoramiento	---	
20		--	--	--	---	---	---	---	---	
40		--	--	--	---	---	---	Material Orgánico	---	
60		22.6	52	34	6.0	54.0	40.0	Limo arenoso de alta plasticidad.	A-7-5	
80		22.6	58	36	7	59	34	Limo arenoso de alta plasticidad.	A-7-5	
100										
120										
140										
160										

OBSERVACIONES: No se evidencia nivel freático.

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Manuel de la piedra y cruz.		
Estudiantes:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Vía manual de la piedra y cruz, comprendida entre el Camino a Racar y la vía Cesar Andrade y Cordero, Cantón Cuenca-Ecuador	Fecha de Ensayo:	01/04/2024
Material:	---	Página:	2 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad(m):	1.5
Sondaje / Calicata:	3	Norte:	9683357 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717927 m
Abscisa:	1+000	Cota:	2827 ms.n.m.

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
NORMA: ASTM D1883-73
CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	56a		25a		11a	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		11	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,074	12,394	11,794	12,016	11,455	11,655
Peso molde (gr.)	8,284	8,284	8,261	8,261	8,317	8,317
Peso suelo compactado (gr.)	3,790	4,110	3,533	3,755	3,138	3,338
Volumen de la muestra (cm ³)	2,116	2,116	2,105	2,105	2,113	2,113
Densidad húmeda (gr./cm ³)	1.791	1.942	1.678	1.784	1.485	1.580
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.513	1.508	1.414	1.379	1.254	1.210

CONTENIDO DE HUMEDAD

	56a	25a	11a
Peso de tara (gr.)	16.9	17.9	17.5
Tara + suelo húmedo (gr.)	69.0	72.0	68.0
Tara + suelo seco (gr.)	60.9	59.9	60.2
Peso de agua (gr.)	8.1	12.1	7.8
Peso de suelo seco (gr.)	44.0	42.1	42.4
Humedad (%)	18.4	28.8	18.4

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01 mm	Expansión		Dial 0.01 mm	Expansión		Dial 0.01 mm	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
21-mar	14:00	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
22-mar	14:00	24	240	2.40	2.06	365	3.65	3.15	450	4.50	3.87
23-mar	14:00	48	450	4.50	3.87	520	5.20	4.48	750	7.50	6.45
24-mar	14:00	72	680	6.80	5.85	810	8.10	6.98	960	9.60	8.25
25-mar	14:00	96	904	9.04	7.77	1067	10.67	9.20	1182	11.82	10.16

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	56a				25a				11a			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		34	1.8			30	1.6			31	1.6		
0.050		40	2.1			36	1.9			34	1.7		
0.075		45	2.3			40	2.1			37	1.9		
0.100	70.307	51	2.6	2.6	3.7	44	2.3	2.3	3.3	39	2.0	2.0	2.9
0.150		60	3.1			51	2.6			43	2.2		
0.200	105.460	68	3.5	3.5	3.3	56	2.9	2.9	2.7	48	2.5	2.4	2.3
0.250		76	3.9			62	3.2			52	2.7		
0.300		83	4.3			68	3.5			57	2.9		
0.400		100	5.2			80	4.1			66	3.4		
0.500		113	5.8			89	4.6			74	3.8		

OBSERVACIONES:



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

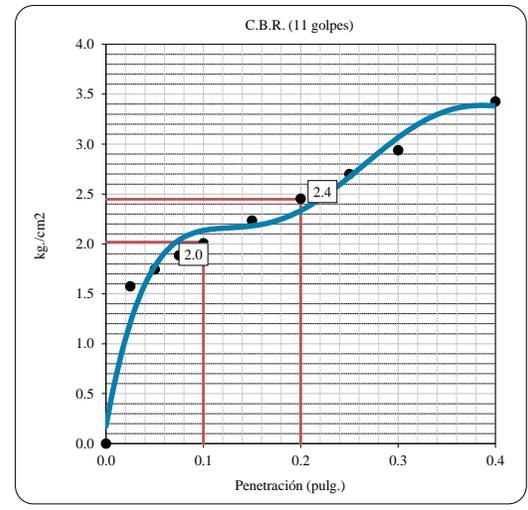
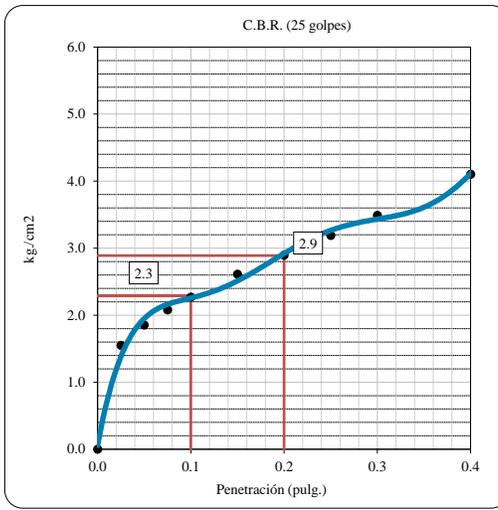
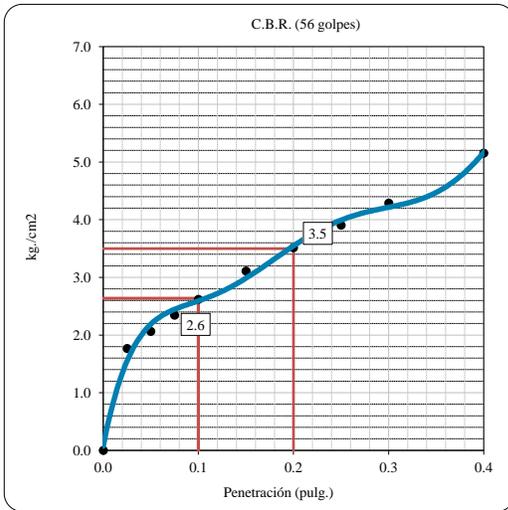
Ingeniería y Geotécnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Manuel de la piedra y cruz.		
Estudiantes:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Vía manual de la piedra y cruz, comprendida entre el Camino a Racar y la via Cesar Andrade y Cordero, Cantón Cuenca-Ecuador		Fecha de Ensayo: 1/04/2024
Material:	---	Página:	3 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	3	Norte:	9683357 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717927 m
Abscisa:	1+000	Cota:	2827 ms.n.m.

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA. NORMA ASTM D1883-73

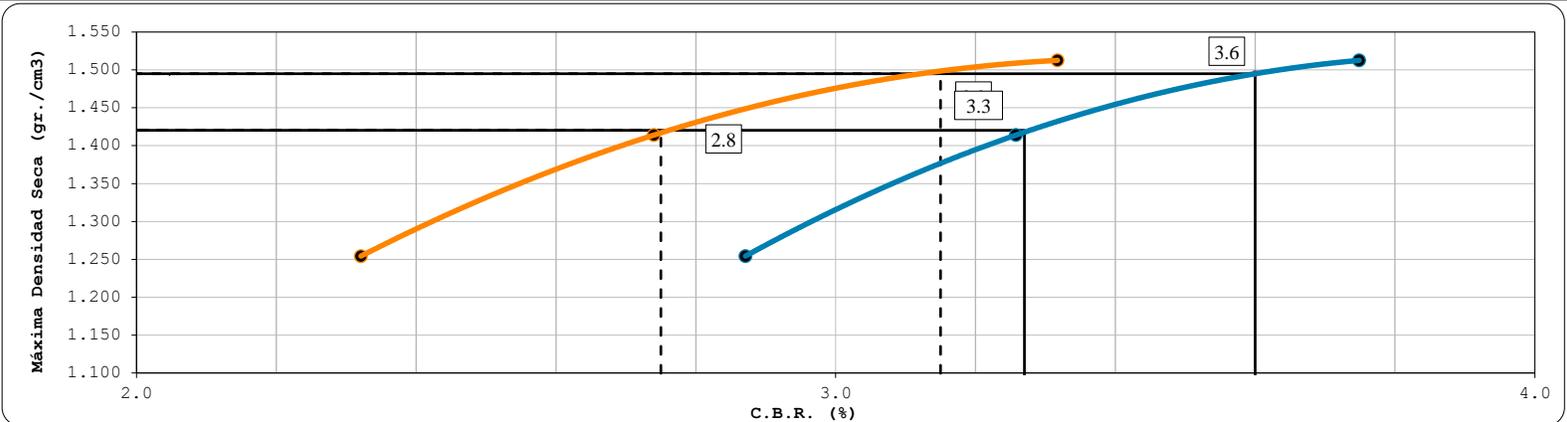
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca	1.495 gr./cm ³	Optimo Contenido de Humedad	18.50 %
Máxima Densidad Seca al 95%	1.420 gr./cm ³		



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :	3.7 %	C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :	3.3 %	C.B.R. (0.1") 11 GOLPES :	2.9 %
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	3.5 %	C.B.R. (0.2") 25 GOLPES :	2.9 %	C.B.R. (0.2") 11 GOLPES :	2.4 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":	3.60 %	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2":	3.15 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1":	3.27 %	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2":	2.75 %

OBSERVACIONES:



Ing. Alex Ordoñez Castro. Msc
Responsable técnico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Ingeniería y Geotécnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Manuel de la piedra y cruz.		
Estudiantes:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi		
Fiscalizador:	Kevin Encalada y Andres Quizhpi		
Ubicación de Proyecto:	La Vía manuel de la piedra y cruz, comprendida entre el Camino a Racar y la via Cesar Andrade y Cordero, Cantón Cuenca-Ecuador	Fecha:	01/04/2024
Material:	---	Página:	4 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	3	Norte:	9683357 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717927 m
Abscisa:	1+000	Cota:	2827 m

REGISTRO DE SONDAJES

Prof. (cm)	Perfil	% ωn	LL	LP	% Gravas	% Arenas	% Finos	DESCRIPCIÓN	A A S H T O	REGISTRO FOTOGRÁFICO
0		--	--	--	---	---	---	Mejoramiento	---	
20		--	--	--	---	---	---		---	
40		--	--	--	---	---	---	Material Orgánico	---	
60		31.9	56	34	1.0	24.0	71.0	Limo arenoso de alta plasticidad.	A-7-5	
80		31.9	56	34	1.0	24.0	71.0	Limo arenoso de alta plasticidad.	A-7-5	
100		31.9	56	34	1.0	24.0	71.0	Limo arenoso de alta plasticidad.	A-7-5	
120		34.1	46	40	1.0	28.0	71.0	Limo arenoso de alta plasticidad.	A5	
140		34.1	46	40	1.0	28.0	71.0	Limo arenoso de alta plasticidad.	A5	
160		34.1	46	40	1.0	28.0	71.0	Limo arenoso de alta plasticidad.	A5	

OBSERVACIONES: No se evidencia nivel freático.

**Anexo 9 Movimiento de tierra.
(108-118)**

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 109

Progresiva	Área de relleno	Área de corte	Volumen de Relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno acumulado	Volumen de corte acumulado	Volumen Total
0+000.11	0.75	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	4.48	0.00	25.88	4.41	25.88	4.41	-21.48
0+020.00	4.08	0.00	42.80	0.00	68.68	4.41	-64.28
0+030.00	3.72	0.05	38.97	0.24	107.65	4.65	-103.00
0+040.00	3.11	0.01	34.16	0.29	141.80	4.94	-136.86
0+050.00	2.02	0.47	25.69	2.40	167.49	7.35	-160.15
0+060.00	0.27	1.13	11.49	8.01	178.98	15.36	-163.62
0+070.00	0.01	3.22	1.45	21.74	180.43	37.10	-143.33
0+080.00	0.00	5.68	0.07	44.48	180.50	81.59	-98.92
0+090.00	0.00	10.02	0.00	78.50	180.50	160.09	-20.42
0+100.00	0.00	14.04	0.00	120.28	180.50	280.36	99.86
0+110.00	0.00	18.45	0.00	162.41	180.50	442.77	262.27
0+120.00	0.00	20.94	0.00	196.93	180.50	639.70	459.20
0+130.00	0.00	14.94	0.00	179.40	180.50	819.10	638.59
0+140.00	0.00	7.12	0.00	110.30	180.50	929.40	748.89
0+150.00	0.79	0.45	3.97	37.85	184.48	967.25	782.77
0+160.00	6.15	0.00	34.74	2.25	219.21	969.50	750.28
0+170.00	6.70	0.00	64.28	0.00	283.50	969.50	686.00
0+180.00	7.05	0.00	68.78	0.00	352.27	969.50	617.22
0+190.00	6.95	0.00	70.02	0.00	422.29	969.50	547.21
0+200.00	6.26	0.00	66.07	0.00	488.36	969.50	481.14
0+203.44	5.77	0.00	20.68	0.00	509.04	969.50	460.46
0+210.00	5.08	0.00	35.64	0.00	544.68	969.50	424.82
0+220.00	2.69	0.00	38.88	0.00	583.56	969.50	385.94
0+230.00	0.64	0.25	16.73	1.19	600.29	970.68	370.40

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 110

0+240.00	0.00	3.52	3.24	18.80	603.52	989.49	385.96
0+250.00	0.00	8.85	0.00	61.85	603.52	1051.34	447.82
0+260.00	0.00	14.38	0.00	116.23	603.52	1167.57	564.05
0+260.93	0.00	14.81	0.00	13.61	603.52	1181.19	577.66
0+270.00	0.00	15.95	0.00	139.69	603.52	1320.88	717.35
0+280.00	0.00	13.36	0.00	146.85	603.52	1467.73	864.21
0+290.00	0.00	9.69	0.00	115.60	603.52	1583.33	979.81
0+300.00	0.00	4.81	0.00	72.70	603.52	1656.03	1052.51
0+310.00	0.45	0.33	2.27	25.65	605.79	1681.68	1075.89
0+318.43	2.78	0.00	13.69	1.35	619.48	1683.04	1063.56
0+320.00	3.28	0.00	4.76	0.00	624.24	1683.04	1058.80
0+330.00	6.60	0.00	49.40	0.00	673.64	1683.04	1009.40
0+338.58	8.88	0.00	66.47	0.00	740.11	1683.04	942.92
0+340.00	8.98	0.00	12.47	0.00	752.59	1683.04	930.45
0+350.00	10.71	0.00	97.67	0.00	850.26	1683.04	832.78
0+358.01	9.23	0.00	79.70	0.00	929.95	1683.04	753.08
0+360.00	8.70	0.00	17.81	0.00	947.77	1683.04	735.27
0+370.00	5.94	0.00	73.28	0.00	1021.04	1683.04	661.99
0+377.44	3.53	0.00	35.27	0.00	1056.31	1683.04	626.72
0+380.00	2.76	0.00	8.04	0.00	1064.35	1683.04	618.68
0+386.94	0.71	0.03	12.04	0.12	1076.39	1683.15	606.76
0+390.00	0.32	0.19	1.56	0.36	1077.95	1683.52	605.56
0+400.00	0.00	1.19	1.57	6.95	1079.52	1690.46	610.94
0+400.95	0.00	1.18	0.00	1.12	1079.52	1691.58	612.06
0+410.00	0.07	0.76	0.31	8.57	1079.84	1700.15	620.31
0+414.96	0.00	1.12	0.17	4.50	1080.01	1704.65	624.64
0+420.00	0.00	1.05	0.00	5.46	1080.01	1710.11	630.10
0+430.00	0.00	1.99	0.00	15.16	1080.01	1725.26	645.26

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 111

0+436.25	0.00	2.30	0.00	13.40	1080.01	1738.66	658.66
0+440.00	0.00	2.43	0.00	8.50	1080.01	1747.16	667.15
0+450.00	0.00	4.20	0.00	32.26	1080.01	1779.42	699.41
0+451.19	0.00	4.88	0.00	5.29	1080.01	1784.70	704.70
0+460.00	0.00	6.14	0.00	48.01	1080.01	1832.71	752.70
0+466.13	0.00	4.25	0.00	31.63	1080.01	1864.34	784.33
0+470.00	0.00	3.35	0.00	14.70	1080.01	1879.04	799.03
0+470.76	0.00	3.10	0.00	2.44	1080.01	1881.47	801.47
0+480.00	0.22	0.53	1.03	16.50	1081.04	1897.98	816.94
0+482.77	0.67	0.29	1.26	1.07	1082.29	1899.05	816.75
0+490.00	1.71	0.03	8.76	1.09	1091.05	1900.14	809.08
0+494.79	2.64	0.00	10.50	0.08	1101.55	1900.21	798.66
0+500.00	3.54	0.00	16.12	0.00	1117.67	1900.21	782.55
0+502.40	4.58	0.00	9.75	0.00	1127.42	1900.21	772.79
0+510.00	8.55	0.00	49.84	0.00	1177.26	1900.21	722.95
0+520.00	12.19	0.00	103.60	0.00	1280.86	1900.21	619.36
0+520.07	11.86	0.00	0.80	0.00	1281.65	1900.21	618.56
0+530.00	14.23	0.00	129.33	0.00	1410.98	1900.21	489.23
0+537.73	15.36	0.00	114.02	0.00	1525.00	1900.21	375.21
0+540.00	15.32	0.00	34.78	0.00	1559.79	1900.21	340.43
0+550.00	15.65	0.00	154.86	0.00	1714.64	1900.21	185.57
0+560.00	12.37	0.00	140.10	0.00	1854.74	1900.21	45.47
0+570.00	7.86	0.00	101.14	0.00	1955.88	1900.21	-55.67
0+580.00	2.94	0.96	53.98	4.79	2009.86	1905.00	-104.85
0+590.00	0.84	2.66	18.87	18.07	2028.73	1923.07	-105.66
0+600.00	1.09	2.71	9.65	26.83	2038.38	1949.90	-88.48
0+610.00	0.65	2.37	8.70	25.40	2047.08	1975.30	-71.77
0+620.00	0.86	2.77	7.56	25.71	2054.63	2001.01	-53.62

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 112

0+621.69	0.84	2.77	1.44	4.67	2056.07	2005.68	-50.39
0+630.00	0.38	3.51	4.97	26.54	2061.04	2032.22	-28.82
0+634.29	0.03	4.33	0.87	17.07	2061.92	2049.29	-12.63
0+640.00	0.00	4.99	0.09	26.93	2062.01	2076.21	14.20
0+646.90	0.03	5.48	0.10	36.55	2062.11	2112.76	50.65
0+650.00	0.02	5.51	0.08	17.06	2062.19	2129.82	67.63
0+657.47	0.00	6.39	0.08	44.45	2062.27	2174.27	112.00
0+660.00	0.00	6.62	0.00	16.15	2062.27	2190.42	128.15
0+670.00	0.54	2.51	2.80	44.72	2065.07	2235.14	170.07
0+680.00	3.08	0.93	18.59	16.63	2083.66	2251.77	168.11
0+687.09	3.84	0.53	25.13	4.97	2108.79	2256.74	147.95
0+690.00	3.81	0.57	11.36	1.54	2120.14	2258.27	138.13
0+700.00	1.53	1.37	27.21	9.34	2147.35	2267.61	120.26
0+710.00	0.08	4.29	8.20	27.59	2155.55	2295.19	139.64
0+716.71	0.00	7.48	0.27	38.87	2155.82	2334.06	178.24
0+720.00	0.00	9.22	0.00	27.45	2155.82	2361.51	205.69
0+730.00	0.00	11.92	0.00	105.66	2155.82	2467.17	311.35
0+740.00	0.00	10.90	0.00	114.06	2155.82	2581.23	425.41
0+750.00	0.00	11.12	0.00	110.08	2155.82	2691.30	535.48
0+760.00	0.00	13.85	0.00	124.85	2155.82	2816.15	660.33
0+761.09	0.00	14.33	0.00	15.32	2155.82	2831.47	675.65
0+770.00	0.00	17.56	0.00	143.39	2155.82	2974.87	819.04
0+780.00	0.00	15.68	0.00	167.65	2155.82	3142.52	986.69
0+782.77	0.00	13.56	0.00	40.82	2155.82	3183.34	1027.52
0+790.00	0.00	7.72	0.00	77.87	2155.82	3261.21	1105.39
0+800.00	1.72	0.85	8.34	43.70	2164.17	3304.91	1140.75
0+804.45	4.31	0.16	13.07	2.34	2177.24	3307.25	1130.01
0+809.84	9.09	0.00	36.11	0.42	2213.34	3307.67	1094.33

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 113

0+810.00	9.25	0.00	1.51	0.00	2214.86	3307.67	1092.82
0+816.11	11.86	0.00	65.63	0.00	2280.48	3307.67	1027.19
0+820.00	10.09	0.00	43.14	0.00	2323.62	3307.67	984.05
0+822.38	8.53	0.00	22.34	0.00	2345.96	3307.67	961.71
0+830.00	1.71	0.20	39.02	0.77	2384.98	3308.44	923.46
0+840.00	0.00	3.28	8.53	17.43	2393.51	3325.87	932.36
0+850.00	0.00	3.41	0.00	33.48	2393.51	3359.35	965.84
0+860.00	0.00	4.41	0.00	39.12	2393.51	3398.47	1004.96
0+870.00	0.00	4.57	0.00	44.91	2393.51	3443.39	1049.88
0+876.85	0.00	4.07	0.00	29.60	2393.51	3472.99	1079.48
0+880.00	0.00	5.98	0.00	16.13	2393.51	3489.12	1095.61
0+890.00	0.00	4.31	0.00	52.73	2393.51	3541.85	1148.34
0+893.52	0.00	3.35	0.00	13.95	2393.51	3555.80	1162.29
0+900.00	0.00	2.66	0.00	19.91	2393.51	3575.71	1182.20
0+910.00	0.00	4.24	0.00	34.95	2393.51	3610.67	1217.16
0+910.18	0.00	4.30	0.00	0.76	2393.51	3611.43	1217.92
0+910.48	0.00	4.52	0.00	1.34	2393.51	3612.77	1219.25
0+920.00	0.21	1.25	0.92	27.94	2394.43	3640.70	1246.27
0+925.11	0.00	2.48	0.50	9.64	2394.93	3650.34	1255.41
0+930.00	0.00	4.28	0.00	16.38	2394.93	3666.72	1271.79
0+939.74	0.00	3.96	0.00	39.86	2394.93	3706.58	1311.65
0+940.00	0.00	3.83	0.00	1.02	2394.93	3707.61	1312.67
0+950.00	0.00	4.32	0.00	40.74	2394.93	3748.34	1353.41
0+960.00	1.42	0.19	7.10	22.55	2402.03	3770.90	1368.87
0+970.00	5.47	0.00	34.42	0.95	2436.45	3771.85	1335.40
0+980.00	3.21	0.00	43.37	0.00	2479.82	3771.85	1292.03
0+990.00	0.45	0.13	18.29	0.66	2498.11	3772.51	1274.40
0+992.38	0.09	0.48	0.64	0.72	2498.75	3773.24	1274.48

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 114

1+000.00	0.04	0.38	0.50	3.30	2499.25	3776.54	1277.29
1+010.00	0.00	2.43	0.21	14.20	2499.46	3790.74	1291.28
1+016.35	0.00	2.72	0.00	16.39	2499.46	3807.13	1307.67
1+020.00	0.00	2.98	0.00	10.41	2499.46	3817.53	1318.07
1+030.00	0.00	3.93	0.00	34.73	2499.46	3852.26	1352.80
1+040.00	1.81	0.00	8.98	19.79	2508.44	3872.04	1363.61
1+040.32	2.12	0.00	0.63	0.00	2509.07	3872.04	1362.98
1+050.00	1.02	0.09	15.21	0.41	2524.28	3872.46	1348.18
1+060.00	0.02	1.55	5.19	8.17	2529.47	3880.63	1351.15
1+070.00	0.00	4.90	0.08	32.22	2529.55	3912.85	1383.29
1+072.88	0.00	5.67	0.00	15.21	2529.55	3928.06	1398.50
1+080.00	0.00	9.49	0.00	55.27	2529.55	3983.32	1453.77
1+090.00	0.00	13.32	0.00	116.24	2529.55	4099.56	1570.01
1+095.02	0.00	13.02	0.00	66.98	2529.55	4166.54	1636.99
1+100.00	0.00	11.87	0.00	63.00	2529.55	4229.54	1699.99
1+110.00	0.00	6.85	0.00	95.17	2529.55	4324.71	1795.16
1+117.15	0.00	2.14	0.00	32.60	2529.55	4357.31	1827.75
1+120.00	0.28	0.70	0.40	4.05	2529.96	4361.36	1831.40
1+123.84	1.73	0.07	3.86	1.46	2533.82	4362.82	1828.99
1+130.00	3.67	0.00	17.21	0.18	2551.04	4362.99	1811.96
1+140.00	5.36	0.00	46.26	0.00	2597.30	4362.99	1765.69
1+144.57	5.67	0.00	25.78	0.00	2623.08	4362.99	1739.91
1+150.00	5.32	0.00	30.77	0.00	2653.85	4362.99	1709.14
1+160.00	2.37	0.22	40.18	0.95	2694.03	4363.94	1669.91
1+165.30	0.77	0.46	8.84	1.59	2702.87	4365.53	1662.66
1+170.00	0.00	1.42	1.82	4.42	2704.69	4369.96	1665.26
1+180.00	0.00	2.80	0.01	21.12	2704.70	4391.08	1686.38
1+190.00	0.00	3.02	0.00	29.11	2704.70	4420.18	1715.48

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 115

1+200.00	0.00	5.13	0.00	40.75	2704.70	4460.93	1756.23
1+210.00	0.00	7.26	0.00	61.96	2704.70	4522.89	1818.19
1+216.28	0.00	7.83	0.00	47.38	2704.70	4570.27	1865.57
1+220.00	0.00	8.54	0.00	30.58	2704.70	4600.85	1896.15
1+230.00	0.00	8.07	0.00	83.71	2704.70	4684.56	1979.86
1+240.00	0.00	7.56	0.00	79.00	2704.70	4763.56	2058.86
1+240.83	0.00	7.83	0.00	6.45	2704.70	4770.01	2065.31
1+250.00	0.00	6.65	0.00	66.91	2704.70	4836.92	2132.22
1+260.00	0.00	4.64	0.00	56.79	2704.70	4893.71	2189.01
1+265.38	0.00	2.83	0.00	20.23	2704.70	4913.94	2209.23
1+270.00	0.00	1.43	0.00	9.85	2704.70	4923.78	2219.08
1+280.00	2.46	0.04	12.31	7.35	2717.01	4931.13	2214.12
1+281.78	2.71	0.04	4.61	0.07	2721.62	4931.20	2209.58
1+290.00	2.61	0.11	22.39	0.56	2744.01	4931.76	2187.75
1+300.00	2.13	0.07	24.28	0.83	2768.30	4932.59	2164.29
1+310.00	2.83	0.24	25.52	1.47	2793.82	4934.06	2140.23
1+310.76	2.83	0.25	2.22	0.18	2796.05	4934.23	2138.18
1+320.00	0.98	0.81	18.24	4.61	2814.28	4938.84	2124.56
1+330.00	0.00	2.19	5.12	14.49	2819.40	4953.33	2133.94
1+339.74	0.00	4.84	0.00	33.75	2819.40	4987.09	2167.69
1+340.00	0.00	4.91	0.00	1.28	2819.40	4988.36	2168.96
1+350.00	0.00	7.13	0.00	60.23	2819.40	5048.59	2229.19
1+360.00	0.00	7.81	0.00	74.71	2819.40	5123.30	2303.90
1+370.00	0.00	6.69	0.00	72.48	2819.40	5195.78	2376.38
1+380.00	0.00	3.63	0.00	51.61	2819.40	5247.39	2427.99
1+390.00	0.00	2.72	0.00	31.79	2819.40	5279.18	2459.78
1+400.00	0.03	2.27	0.13	24.98	2819.53	5304.16	2484.62
1+406.77	0.35	1.35	1.28	12.27	2820.81	5316.43	2495.62

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 116

1+410.00	0.75	1.35	1.87	4.16	2822.68	5320.59	2497.91
1+420.00	1.48	0.70	11.63	9.75	2834.32	5330.34	2496.02
1+429.07	1.91	1.31	16.02	8.63	2850.34	5338.97	2488.64
1+430.00	1.57	0.99	1.69	1.02	2852.03	5339.99	2487.96
1+440.00	1.59	1.41	16.42	11.40	2868.45	5351.39	2482.94
1+450.00	0.94	1.88	13.16	15.66	2881.61	5367.04	2485.43
1+451.36	0.79	2.04	1.23	2.54	2882.84	5369.59	2486.75
1+460.00	0.15	3.56	4.05	24.16	2886.89	5393.75	2506.86
1+470.00	0.00	5.71	0.74	46.35	2887.63	5440.10	2552.47
1+480.00	0.04	4.57	0.18	51.39	2887.81	5491.50	2603.69
1+490.00	0.28	3.30	1.60	39.32	2889.41	5530.82	2641.41
1+500.00	0.37	2.39	3.26	28.43	2892.67	5559.25	2666.58
1+507.04	1.25	1.75	5.70	14.56	2898.37	5573.81	2675.44
1+510.00	1.36	1.30	4.01	4.33	2902.38	5578.13	2675.76
1+520.00	3.34	0.24	24.16	7.36	2926.53	5585.50	2658.97
1+524.65	3.87	0.13	17.19	0.82	2943.72	5586.31	2642.60
1+530.00	4.01	0.32	21.58	1.13	2965.30	5587.45	2622.15
1+540.00	2.02	0.91	30.99	5.84	2996.29	5593.28	2597.00
1+542.27	1.47	0.89	4.09	1.95	3000.37	5595.23	2594.86
1+548.56	0.13	2.97	5.02	12.14	3005.39	5607.37	2601.98
1+550.00	0.04	3.20	0.10	4.79	3005.50	5612.16	2606.66
1+560.00	0.00	5.64	0.15	46.45	3005.65	5658.61	2652.96
1+562.05	0.00	5.84	0.00	12.18	3005.65	5670.79	2665.14
1+570.00	0.00	6.11	0.00	49.19	3005.65	5719.98	2714.33
1+575.54	0.00	3.36	0.00	27.30	3005.65	5747.28	2741.63
1+580.00	1.02	1.35	2.28	10.51	3007.93	5757.80	2749.86
1+590.00	7.03	0.00	40.29	6.76	3048.23	5764.56	2716.33
1+599.57	14.71	0.00	104.04	0.00	3152.27	5764.56	2612.29

Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 117

1+600.00	14.45	0.00	6.28	0.00	3158.55	5764.56	2606.01
1+610.00	12.62	0.00	137.50	0.00	3296.05	5764.56	2468.51
1+615.68	9.25	0.00	63.30	0.00	3359.35	5764.56	2405.21
1+620.00	6.55	0.00	35.00	0.00	3394.35	5764.56	2370.22
1+630.00	0.02	2.33	33.89	11.09	3428.23	5775.66	2347.42
1+631.79	0.00	4.09	0.02	5.50	3428.25	5781.16	2352.91
1+631.92	0.00	4.22	0.00	0.56	3428.25	5781.72	2353.47
1+640.00	0.00	9.89	0.00	57.73	3428.25	5839.45	2411.20
1+645.35	0.00	11.22	0.00	57.07	3428.25	5896.52	2468.26
1+650.00	0.00	11.45	0.00	53.33	3428.25	5949.84	2521.59
1+658.78	0.00	9.63	0.00	93.76	3428.25	6043.60	2615.35
1+660.00	0.00	9.60	0.00	11.75	3428.25	6055.35	2627.10
1+670.00	0.00	7.87	0.00	87.36	3428.25	6142.72	2714.46
1+680.00	0.00	6.07	0.00	69.72	3428.25	6212.44	2784.19
1+687.11	1.09	2.03	3.87	28.82	3432.12	6241.25	2809.13
1+690.00	1.69	0.88	4.09	4.11	3436.21	6245.37	2809.16
1+700.00	3.98	0.26	28.78	5.58	3464.98	6250.95	2785.96
1+700.47	3.68	0.25	1.82	0.12	3466.80	6251.07	2784.26
1+710.00	4.88	0.02	41.22	1.23	3508.02	6252.30	2744.28
1+713.84	5.55	0.00	20.20	0.04	3528.22	6252.33	2724.11
1+720.00	4.97	0.00	32.43	0.00	3560.64	6252.33	2691.69
1+730.00	1.99	0.14	34.80	0.69	3595.44	6253.03	2657.59
1+740.00	1.37	0.37	16.81	2.52	3612.25	6255.55	2643.30
1+750.00	1.04	0.40	12.06	3.84	3624.31	6259.39	2635.08
1+760.00	0.00	0.88	5.22	6.39	3629.52	6265.78	2636.26
1+770.00	0.00	3.91	0.02	23.94	3629.55	6289.73	2660.18
1+773.07	0.00	5.04	0.00	13.72	3629.55	6303.45	2673.90
1+780.00	0.00	5.25	0.00	36.36	3629.55	6339.81	2710.26

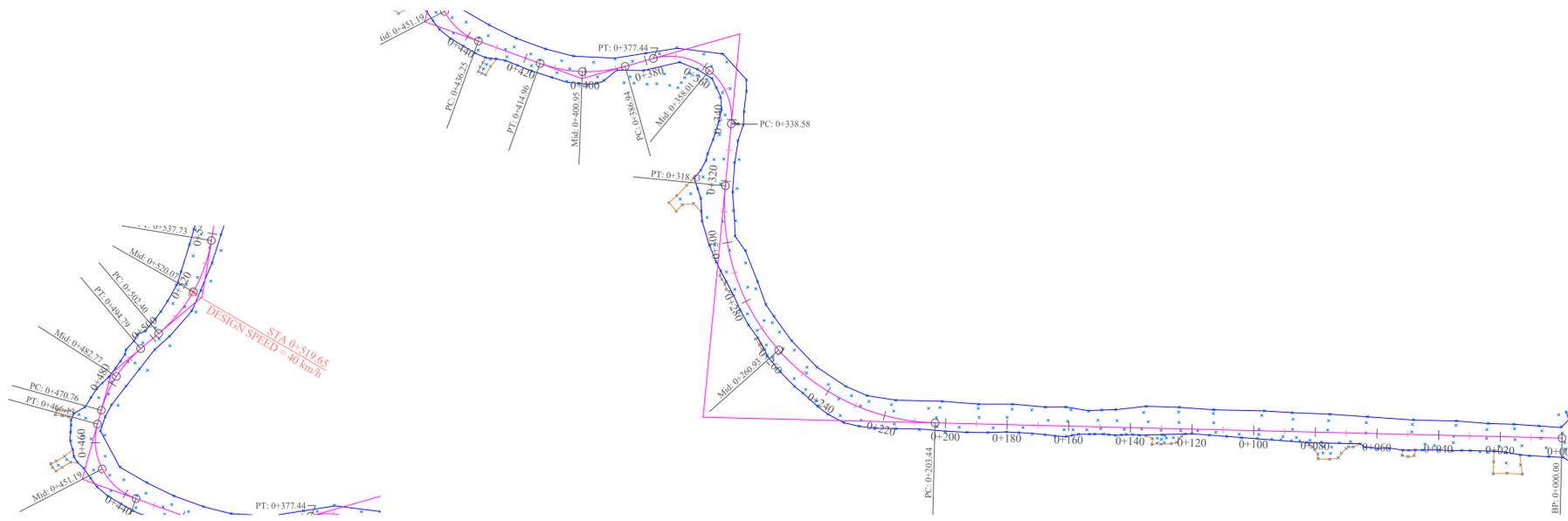
Encalada Bermejo-Quizhpi Arichabala 118

1+790.00	0.00	3.97	0.00	46.89	3629.55	6386.70	2757.15
1+791.74	0.00	3.64	0.00	6.79	3629.55	6393.49	2763.94
1+800.00	0.00	3.56	0.00	30.28	3629.55	6423.77	2794.22
1+810.00	0.00	5.35	0.00	45.49	3629.55	6469.25	2839.71
1+810.42	0.00	5.40	0.00	2.31	3629.55	6471.57	2842.02
1+820.00	0.00	5.90	0.00	54.07	3629.55	6525.64	2896.09
1+830.00	0.00	5.34	0.00	56.16	3629.55	6581.80	2952.25
1+840.00	0.00	3.49	0.00	44.11	3629.55	6625.91	2996.36
1+850.00	0.00	2.64	0.00	30.62	3629.55	6656.53	3026.98
1+860.00	0.00	2.25	0.00	24.46	3629.55	6680.99	3051.44
1+870.00	0.00	1.59	0.00	19.21	3629.55	6700.20	3070.65
1+880.00	0.21	0.68	1.03	11.33	3630.58	6711.53	3080.95
1+890.00	0.98	0.65	5.91	6.64	3636.48	6718.17	3081.69
1+900.00	0.85	1.07	9.11	8.58	3645.59	6726.75	3081.16
1+910.00	0.57	0.76	7.07	9.13	3652.66	6735.88	3083.22
1+920.00	0.03	1.36	2.97	10.57	3655.63	6746.45	3090.82
1+930.00	0.00	4.94	0.14	31.50	3655.77	6777.95	3122.18
1+940.00	0.00	6.20	0.00	55.72	3655.77	6833.66	3177.90
1+950.00	0.00	2.42	0.00	43.10	3655.77	6876.77	3221.00
1+956.65	0.00	1.26	0.00	12.22	3655.77	6888.99	3233.22
1+960.00	0.00	1.25	0.00	4.00	3655.77	6892.99	3237.23
1+970.00	0.00	3.99	0.00	25.68	3655.77	6918.67	3262.90
1+974.70	0.00	6.29	0.00	23.87	3655.77	6942.54	3286.77
1+980.00	0.00	9.48	0.00	41.55	3655.77	6984.09	3328.33
1+990.00	0.00	8.09	0.00	87.51	3655.77	7071.61	3415.84
1+992.75	0.00	7.04	0.00	20.69	3655.77	7092.29	3436.53
2+000.00	0.00	4.67	0.00	42.47	3655.77	7134.76	3478.99
2+006.53	0.00	1.90	0.00	21.46	3655.77	7156.22	3500.45

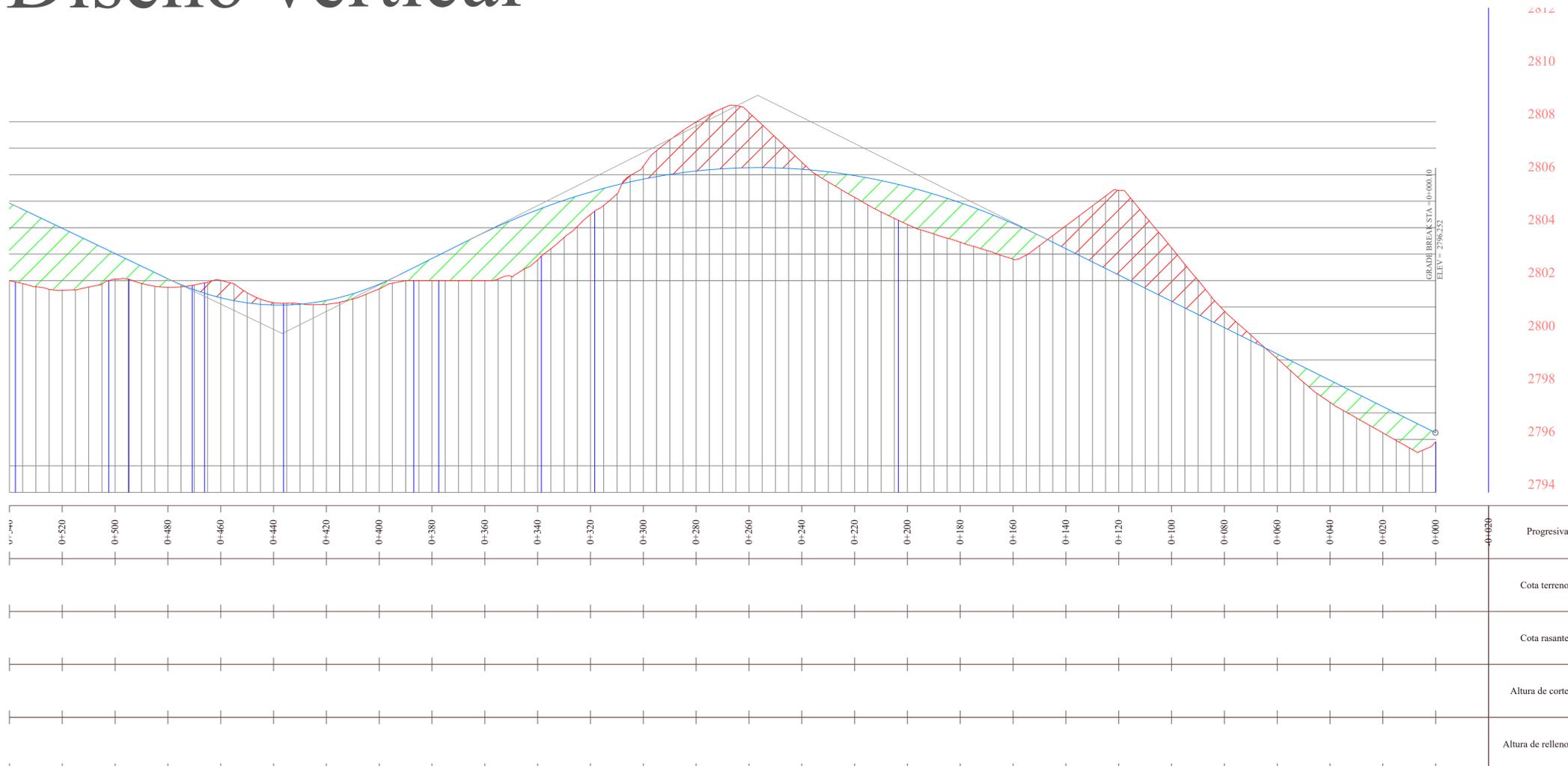
Fuente: Autocad civil 3D.

**Anexo 10 Planos de diseño geométrico.
(119-123)**

Diseño horizontal



Diseño vertical



Simbología: Diseño horizontal

- Eje de vía
- Vía propuesta
- Vía existente
- Entradas

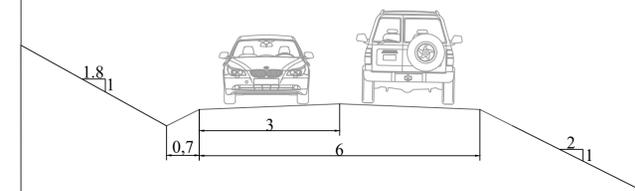
Diseño vertical

- Rasante
- Área de corte
- Área de relleno

Ubicación:



Sección típica:



Diseño: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

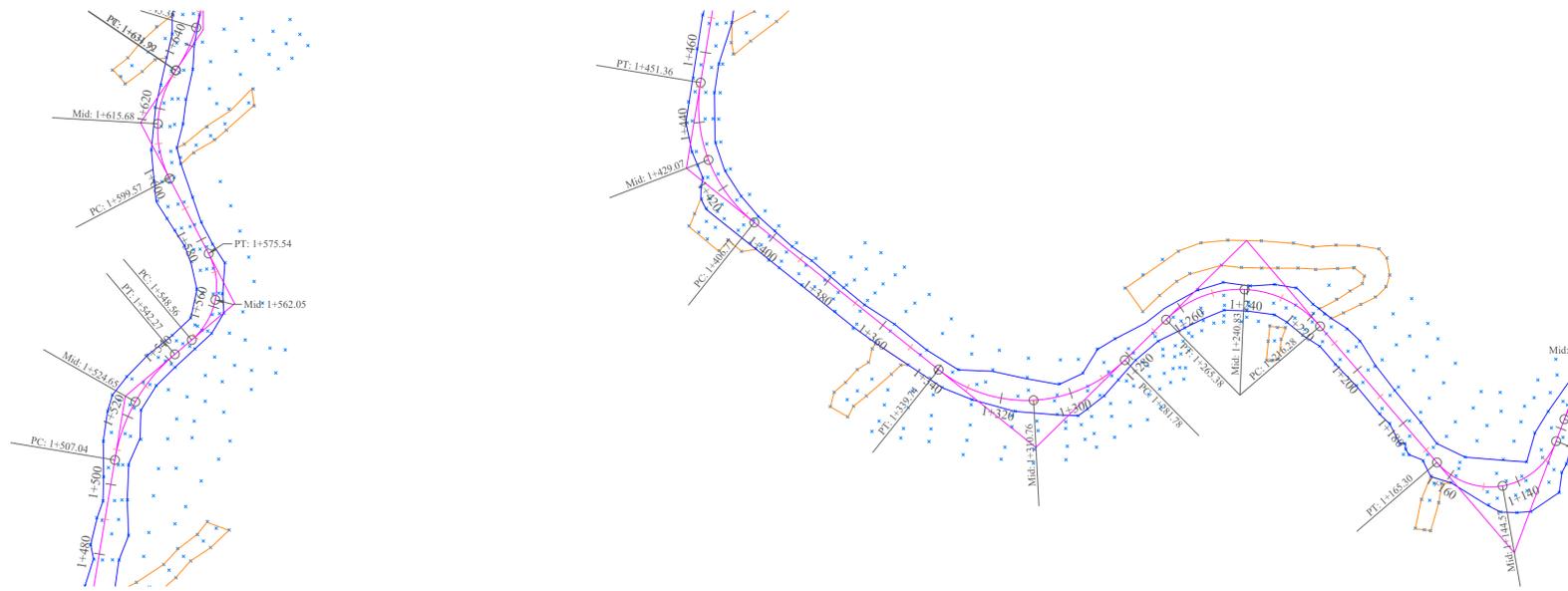
Dibujo: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

Revisión: Ing. Pablo Carvallo

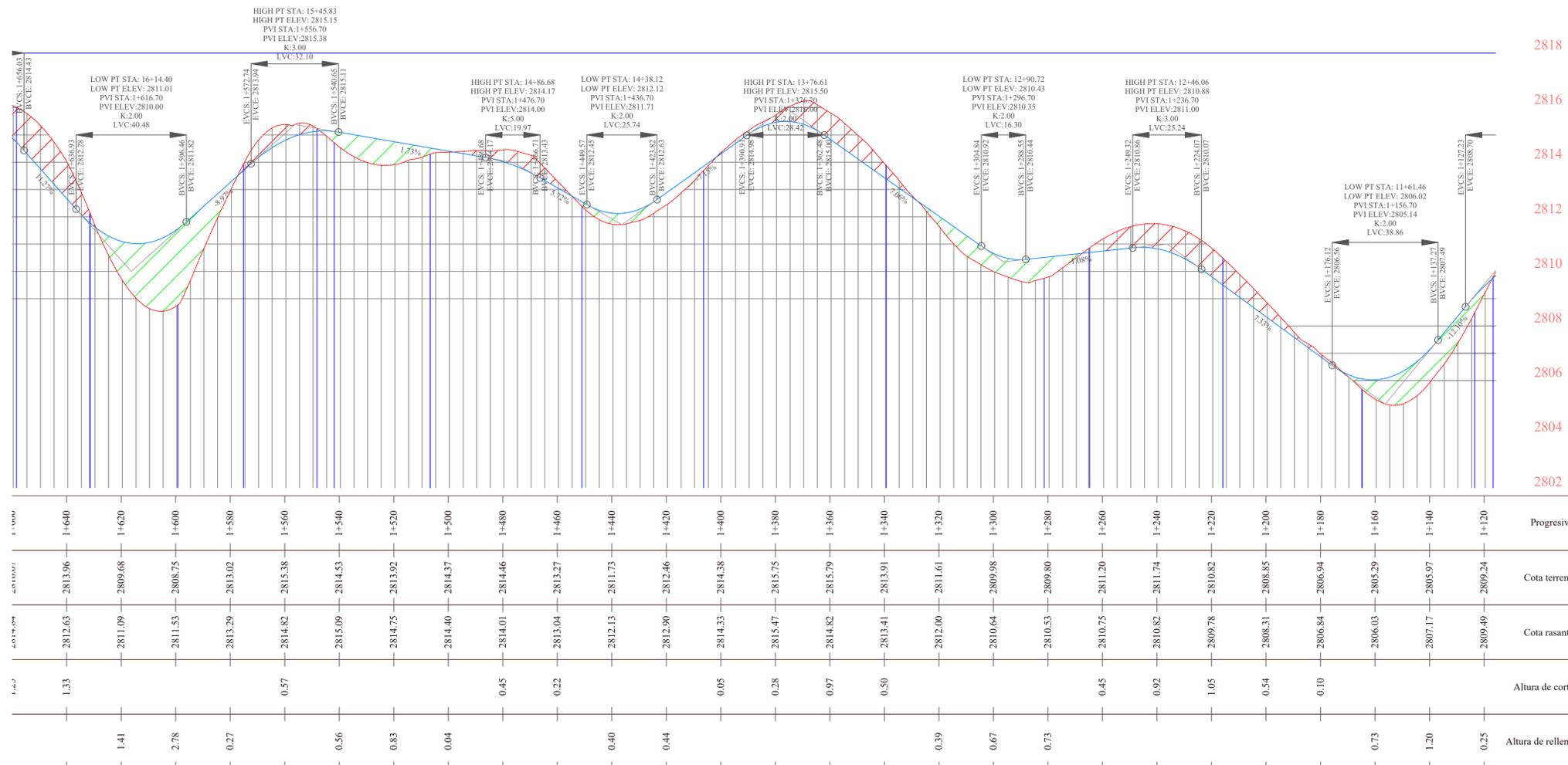
Escala: 1:1000

No: 1/4

Diseño horizontal



Diseño vertical



Simbología: Diseño horizontal

- Eje de vía
- Vía propuesta
- Vía existente
- Entradas

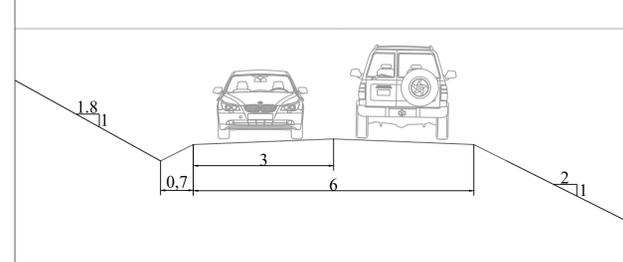
Diseño vertical

- Rasante
- Área de corte
- Área de relleno

Ubicación:



Sección típica:



Diseño: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

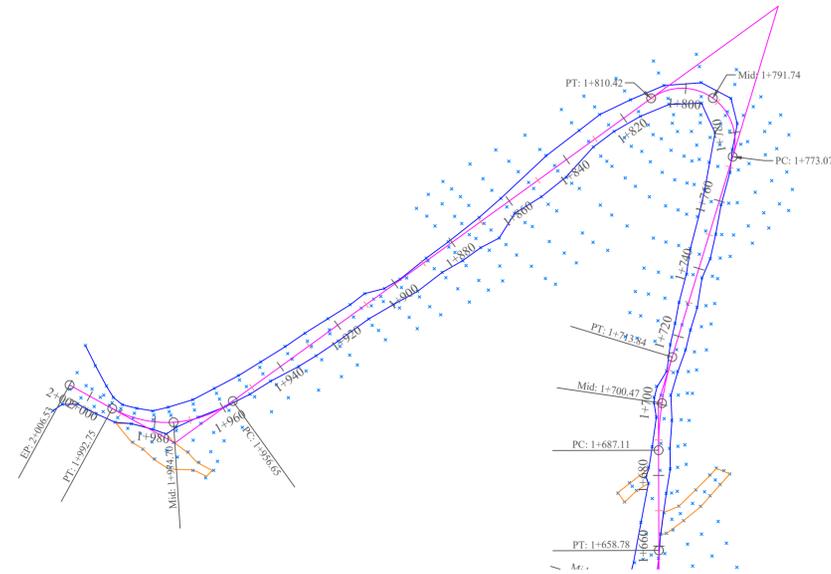
Dibujo: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

Revisión: Ing. Pablo Carvallo

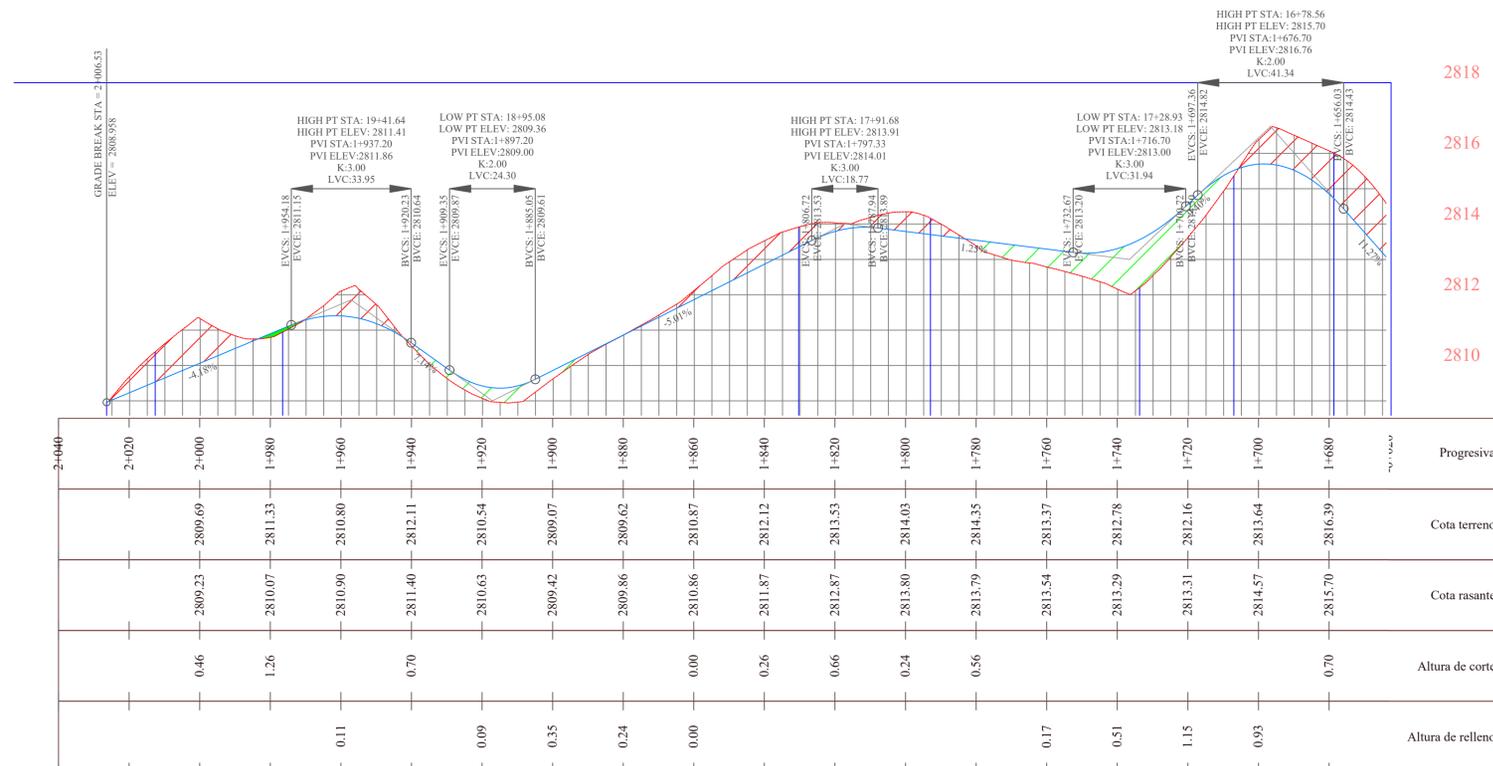
Escala: 1:1000

No: 3/4

Diseño horizontal



Diseño vertical



Simbología: Diseño horizontal

- Eje de vía
- Vía propuesta
- Vía existente
- Entradas

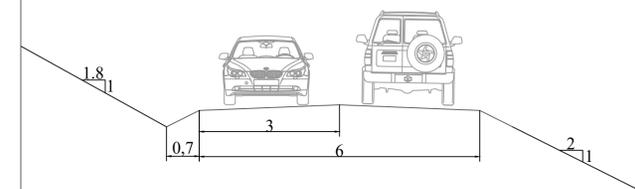
Diseño vertical

- Rasante
- Área de corte
- Área de relleno

Ubicación:



Sección típica:



Diseño: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

Dibujo: Kevin Encalada y Andres Quizhpi

Revisión: Ing. Pablo Carvallo

Escala: 1:1000

No: 4/4

Anexo 11 Cálculo ESALs.
(124-126)

FCE rígido		
Tipo	FCE	FCE parcial
Automóvil	0,00460123	0,00157885
Camioneta/SUV	0,07652538	0,02609199
Bus	1,71852527	0,01310422
Camión 2D	0,16777816	0,00767613
Camión 2DA	0,56216707	0,05266489
Camión 2DB	4,60766045	0,58725084
Camión 3A	6,59920323	0,23003759
Camión V2DB	4,60766045	0,03011543
Total		0,94851993

Fuente: Elaboración propia (2024).

FCE flexible		
Tipo	FCE	FCE parcial
Automóvil	0,00533604	0,00183100
Camioneta/SUV	0,08175344	0,02787454
Bus	1,70643551	0,01301204
Camión 2D	0,17760458	0,00812570
Camión 2DA	0,57373998	0,05374906
Camión 2DB	4,50365371	0,57399508
Camión 3A	4,60019231	0,16035529
Camión V2DB	4,50365371	0,02943565
Total		0,86837834

Fuente: Elaboración propia (2024).

Dt					
Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor ponderado (Fd*Fc)
1	2	1	0.5	1	0.5

Fuente: Elaboración propia (2024).

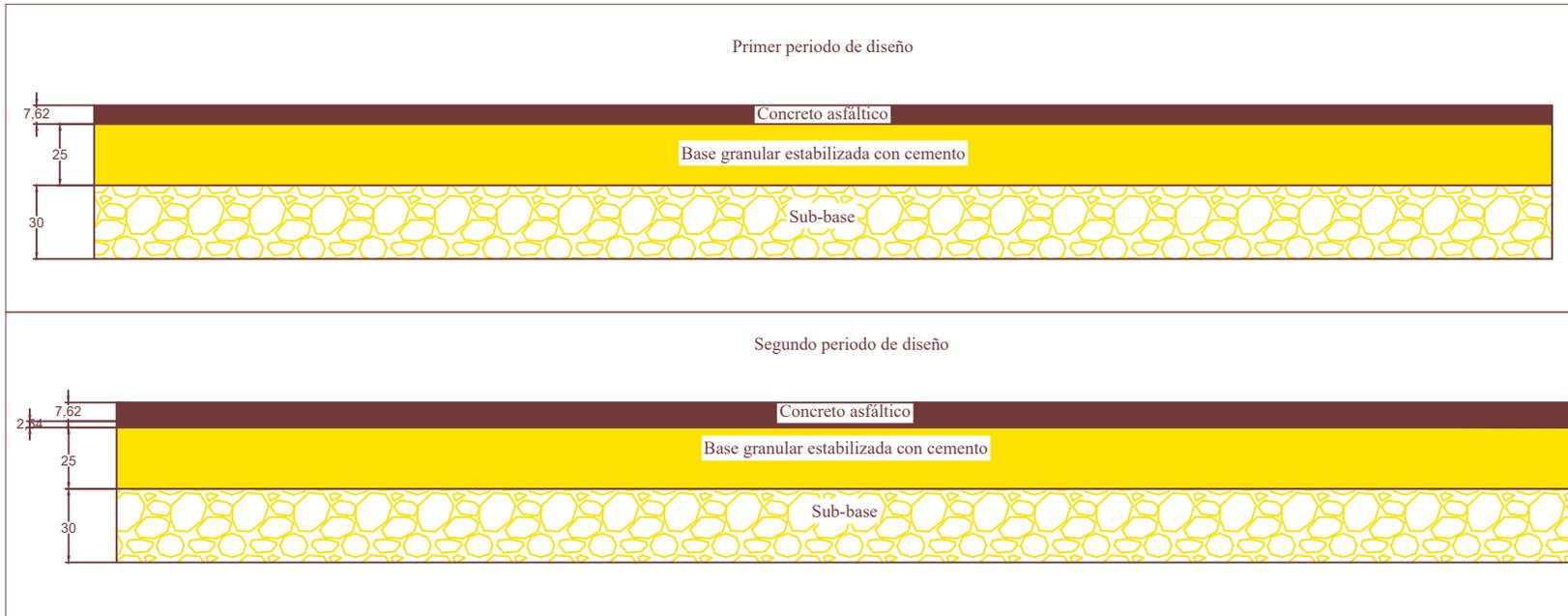
ESALs rígido	2596573.317
ESALs flexible 10	1041999.739
ESALs flexible segundo período	1308244.54

ESALs flexible total segundo período	2350244.279
--------------------------------------	-------------

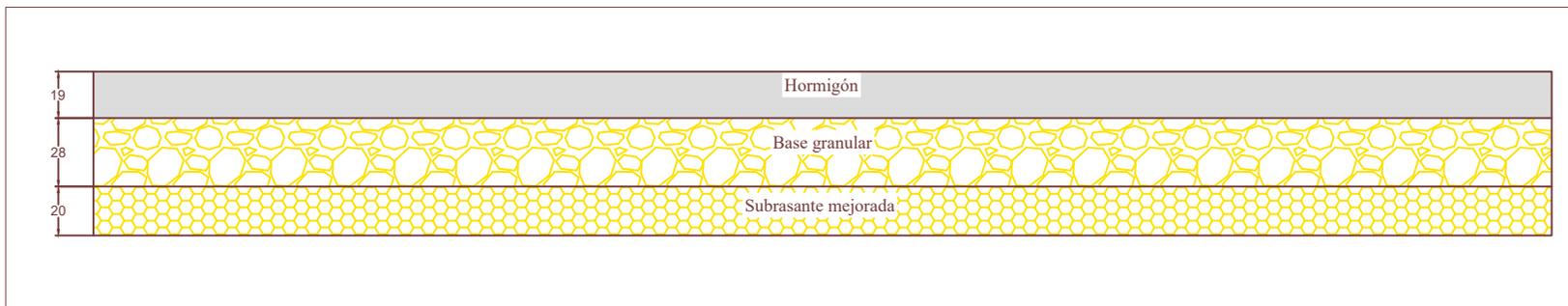
Fuente: Elaboración propia (2024).

**Anexo 12 Planos del pavimento.
(127-128)**

Pavimento flexible



Pavimento rígido



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

Ubicación



Diseño:

Kevin Encalada
Andres Quizhpi

Dibujo:

Kevin Encalada
Andres Quizhpi

Revisión:

Ing. Pablo Carvallo

Escala: 1:3

No: 1/1

**Anexo 13 Presupuesto aproximado
pavimento flexible.
(129-130)**

PRESUPUESTO REFERENCIAL PAVIMENTO FLEXIBLE					
Nro	Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1,00	ESTUDIOS PRELIMINARES				
1,1	Limpieza de la cobertura vegetal	m2	2809,14	0,45	1264,11
1,2	Replanteo y nivelación	u	1,00	456,60	456,60
2	SEÑALIZACIÓN PARA OBRAS				
2,1	Cintas de peligro	m	500,00	0,12	60,00
2,2	Rótulos preventivos en vías	u	5,00	144,84	724,20
3,00	EXCAVACIONES / DEPÓSITO				
3,1	Excavación retroexcavadora, 0-2 m, material sin clasificar	m3	10125,88	4,45	45060,19
3,2	Excavación manual, zanja 0-2 m, material sin clasificar	m3	506,29	17,94	9082,92
3,3	Acarreo y desalojo de material excavado hasta 6 km	m3	3500,00	1,54	5390,00
3,4	Escombrera	m3	3500,00	3,42	11970,00
4,00	PROCESO CONSTRUCTIVO				
4,1	Relleno compactado con material de sitio	m3	3655,77	8,46	30927,81
4,2	Agua para el control del polvo 0	m3	296,97	1,96	582,05
4,3	Compactacion de la subrasante	m2	14848,32	1,39	20639,17
4,4	Sub base	m3	3611,75	19,08	68912,27
4,5	Base-cemento	m3	3009,80	35,50	106847,72
4,6	Asfalto diluido para riego de adherencia	m2	12039,18	0,59	7103,12
4,7	Cemento asfáltico 3 in	m2	12039,18	10,23	123160,81
5,00	SEÑALIZACIÓN VIAL				
5,1	Señalización vertical	u	4,00	130,75	523,00
5,2	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15 cm	m	902,94	1,72	1553,05
5,3	Pintura pasos cebra	m2	25,92	16,44	426,12
TOTAL					434683,15

Fuente: Elaboración propia (2024).

**Anexo 14 Presupuesto aproximado
pavimento rígido.**

(131-132)

Presupuesto referencial para Hormigón hidráulico					
Nro	Rubro/Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
1,00	ESTUDIOS PRELIMINARES				
1,10	Limpieza de la cobertura vegetal	m2	2809,14	0,45	1264,11
1,20	Replanteo y nivelación	u	1,00	456,60	456,60
2,00	SEÑALIZACIÓN PARA OBRAS				
2,10	Cintas de peligro	m	500,00	0,12	60,00
2,20	Rótulos preventivos en vías	u	5,00	144,84	724,20
3,00	EXCAVACIONES / DEPÓSITO				
3,10	Excavación retroexcavadora 0-2 m, material sin clasificar	m3	12524,06	4,45	55732,05
3,20	Excavación manual 0-2 m, material sin clasificar	m3	626,20	17,94	11234,08
3,30	Acarreo y desalojo de material excavado hasta 6 km	m3	8869,66	1,54	13659,28
3,40	Escombrera	m3	5907,84	3,42	20204,80
3,50	Relleno compactado con material de sitio	m3	3655,77	8,46	30927,81
4,00	PROCESO CONSTRUCTIVO				
4,10	Agua para el control del polvo	m3	296,00	1,96	580,16
4,20	Compactación de la subrasante	m2	14848,32	1,39	20639,17
4,30	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	2889,40	33,83	97748,51
4,40	Base-cemento	m3	3370,97	36,50	123040,42
4,50	Encofrado	m	250,00	4,50	1125,00
4,60	Hormigón estructural f'c=280kg/cm2	m3	2287,44	198,00	452913,95
4,70	Acero Fy=4200 kg/cm2	kg	11360,00	2,66	30217,60
4,80	Manguera para camisa de conectores	m	700,00	0,73	511,00
4,90	Curado				
4,10	Corte de Juntas	m	5006,53	2,25	11264,69
4,11	Sellado de juntas		5006,53	1,12	5607,31
5,00	SEÑALIZACIÓN VIAL				
5,10	Señalización vertical	u	4,00	130,75	523,00
5,20	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15 cm	m	902,94	1,72	1553,05
5,30	Pintura pasos cebra	m2	25,92	16,44	426,12
	TOTAL				880412,93

Fuente: Elaboración propia