



**UNIVERSIDAD
DEL AZUAY**

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Diseño Geométrico de la Vía Cesar Andrade y Cordero,
comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San
José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de INGENIERO CIVIL

Autores:

PAULO ANDRES CABRERA NARANJO

GREGORI FRANCISCO OTACOMA TOAPANTA

Director:

ING. PABLO ANDRES CARVALLO CORRAL

CUENCA, ECUADOR

2024

DEDICATORIA

A mis padres Rodrigo y Fanny, por su amor y apoyo constante a lo largo de mi trayectoria académica, por la confianza depositada en mí y haberme motivado a alcanzar mis metas. A mi hermana Ibeth por estar a mi lado brindándome ánimo y comprensión. A aquellas personas y amigos que me ayudaron a crecer en el ámbito personal, apoyándome en cada logro para culminar esta etapa universitaria.

Paulo Cabrera

DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación va dedicado a todas las personas que me apoyaron en el transcurso de esta etapa universitaria, quienes con sus consejos, amabilidad y enseñanzas me permitieron cumplir una meta que me había propuesto cuando recién entre a la universidad.

A mis padres: Dr. Oswaldo Otacoma Mendoza y Sra. Julia Toapanta Chanalata, por ser un ejemplo de perseverancia, honestidad y disciplina, lo cual me ha servido como motivación para mi vida universitaria. Han sido un pilar fundamental para lograr esta meta, sin ustedes esta carrera universitaria no sería posible ya que con su apoyo moral y económico me han permitido poder disfrutar y enfocarme netamente en mis estudios, evitándome así muchos de los obstáculos que ustedes tuvieron que pasar. No me alcanzan las palabras para expresarles el agradecimiento por todo lo que han hecho por mí desde que tuve que dejar nuestro hogar a los 11 años en busca de una mejor educación. A mi madre, por ser la más emocionada de este logro decirle gracias por siempre confiar en mí.

A mi hermana Paulina, por ser como una madre en esta etapa universitaria. Gracias por tus consejos y apoyo incondicional en cada uno de los problemas que tuve que travesar siempre estaré muy agradecido por todo lo que has hecho por mí.

A mi hermano Lenin, por ser como un padre en mi etapa colegial. Gracias por incentivar me a elegir esta carrera, siempre has estado muy al tanto de mí para que cada día aprenda más cosas y tenga un mejor futuro; contigo estaré siempre agradecido.

A mis hermanas Yadira y Arleth quienes son la inspiración para cumplir esta meta. Quisiera decirles que cada una de las metas que se propongan, siempre contarán conmigo.

A todos mis amigos, compañeros de estudio y personas que estuvieron conmigo en esta etapa, gracias por todas sus enseñanzas que me han permitido disfrutar y culminar esta carrera universitaria.

Gregori Otacoma

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a Dios, por permitirnos estar aquí y brindarnos muchas oportunidades que nos han permitido mejorar en el ámbito académico y personal.

A nuestro director de Tesis: Ing. Pablo Carvallo, por su amabilidad y guía para el desarrollo de este proyecto. Le agradecemos por todos sus consejos y sobre todo la paciencia para revisar nuestra redacción. Cabe recalcar que admiramos su profesionalismo en el ámbito académico y laboral.

Al personal del laboratorio de suelos de la Universidad del Azuay, por permitirnos usar sus instalaciones, equipos para el estudio de suelos y levantamiento topográfico.

Paulo Cabrera, Gregori Otacoma

RESUMEN

La Vía Cesar Andrade y Cordero está ubicado entre el Camino a Racar y la Iglesia de San José de Balzay , la cual presenta problemas a nivel de acabado vial y circulación vehicular, por lo que de acuerdo a lo estipulado en normativas nacionales e internacionales; se realizó el ajuste, estudios y diseños en los 7.6 metros de ancho y 3.3 km de longitud, obteniendo un TPDA de 1763 vehículos al año 2046, a su vez, se realizó el levantamiento topográfico para la representación de la vía, en la cual se ubicaron un total de seis calicatas de las que se determinó un suelo con un CBR igual a 2.91%; concluyendo en un análisis técnico-económico con el trazado geométrico y volúmenes de tierras, encontramos más conveniente al pavimento flexible respecto al pavimento rígido con un presupuesto referencial de \$756269.42, basado en los espesores de 5cm para capa asfáltica, 15cm de base-cemento, 25cm de subbase y 30cm para mejoramiento.

Palabras clave: tráfico, levantamiento topográfico, estudio de suelos, diseño geométrico, movimiento de tierras, pavimentos, presupuestos.

Ing. José Vázquez Calero

Director de la Escuela

Ing. Pablo Carvallo Corral

Director del trabajo de grado

Paulo Cabrera Naranjo

Autor

Gregori Otacoma Toapanta

Autor

ABSTRACT

The Cesar Andrade y Cordero Road is located between the Camino a Racar and the Church of San José de Balzay, which presents problems at the level of road finish and vehicular circulation, by means of national and international standard specification; the alignment, studies and geometric designs were carried out in a width of 7.6 meters and length of 3.3 km, obtaining a TPDA of 1763 vehicles by the year 2046, immediately, the topographic survey was carried out for the graphic representation of the road, a total of six pits were evaluated which determined a CBR equal to 2.91%; concluding in a technical-economic analysis by means of the geometric layout and earthwork, determining the flexible pavement is more appropriate than rigid pavement with a reference budget of \$756269.42; due to the thicknesses of 5cm for asphalt layer, 15cm for cement treated base, 25cm for sub base and 30cm for soil stabilization.

Keywords: traffic, topographic survey, soil analysis, geometric design, earthworks, pavement, budget.

Ing. José Vázquez Calero

School Director

Ing. Pablo Carvallo Corral

Thesis Director

Paulo Cabrera Naranjo

Author

Gregori Otacoma Toapanta

Author

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Objetivos	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	3
Alcance.....	3
Justificación.....	3
CAPÍTULO I.....	4
1. GENERALIDADES	4
1.1 Localización.....	4
1.1.1 Localización geográfica.....	5
1.2 Contexto del proyecto.....	5
1.2.1 Estado actual.....	5
1.3 Marco teórico.....	6
1.3.1 Tráfico	6
1.3.2 Volúmenes de tráfico	6
1.3.3 Conteo automático.....	7
1.3.4 Conteo manual.....	7
1.3.5 Tasa de motorización vehicular	7
1.3.6 Tasa de crecimiento de tráfico.....	8
1.3.7 Tráfico promedio diario anual (TPDA).....	8
1.3.8 Tráfico futuro.....	10
1.3.9 Clasificación de las carreteras	10
1.3.9.1 Conforme a su capacidad	11
1.3.9.2 Conforme a su jerarquía	11
1.3.9.3 Conforme a sus condiciones orográficas.....	12
1.3.10 Topografía.....	13
1.3.11 Sistemas de coordenadas geográficas.....	13
1.3.12 Estudio de suelos	14
1.3.13 Clasificación de los suelos.....	14

1.3.14	Diseño geométrico	15
1.3.15	Diseño del pavimento	15
1.3.16	Tipologías de pavimento	15
CAPITULO II		16
2.	ESTUDIOS PRELIMINARES	16
2.1	Estudios de tráfico	16
2.1.1	Aforo vehicular	16
2.1.1.1	Conteo manual	16
2.1.1.2	Conteo automático	18
2.1.1.3	Clasificación vehicular	19
2.1.2	Cálculo del tráfico promedio diario anual	21
2.1.3	Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular	24
2.1.4	Cálculo del tráfico futuro	25
2.1.4.1	Crecimiento normal del tráfico actual	26
2.1.4.2	Incremento del tráfico	27
2.1.5	Clasificación de la vía en función del tráfico proyectado	29
2.1.6	Clasificación de la vía según su jerarquía	30
2.2	Estudio topográfico	30
2.2.1	Levantamiento topográfico	30
2.2.2	Representación geométrica	32
2.3	Estudios de suelos	33
2.3.1	Extracción de calicatas	33
2.3.2	Estudios de laboratorio	35
2.3.2.1	Contenido de humedad	35
2.3.2.2	Análisis granulométrico	36
2.3.2.3	Limite líquido	38
2.3.2.4	Limite plástico	39
2.3.2.5	Proctor modificado	41
2.3.2.6	CBR	43
2.3.2.7	Estratigrafía	44
CAPÍTULO III		47
3.	DISEÑO GEOMÉTRICO	47
3.1	Diseño geométrico horizontal	47
3.1.1	Proyección horizontal	47
3.1.2	Calzada	48

3.1.3	Velocidad de diseño	48
3.1.4	Peralte o sobreelevación	49
3.1.5	Coefficiente de fricción lateral	49
3.1.6	Radio mínimo	49
3.1.7	Grado de curvatura	50
3.1.8	Gradiente transversal	50
3.1.9	Espaldones	51
3.1.10	Cunetas	51
3.1.11	Taludes	51
3.1.12	Carril	52
3.1.13	Tangente	52
3.1.14	Curva	52
3.1.15	Resultados del diseño geométrico horizontal	53
3.2	Diseño geométrico vertical	54
3.2.1	Gradientes longitudinales	54
3.2.2	Índice de curva K, concavas	55
3.2.3	Índice de curva, convexa	56
3.2.4	Resultados diseño geométrico vertical	57
3.3	Diseño geométrico transversal	57
3.3.1	Cálculo de los volúmenes de corte y relleno	58
3.3.2	Resultados diseño geométrico transversal	58
CAPÍTULO IV		59
4.	PAVIMENTOS	59
4.1	Características de la subrasante	59
4.2	Materiales y sus características	61
4.2.1	Material de mejoramiento	61
4.2.2	Material de subbase	62
4.2.3	Material de base	62
4.2.4	Suelo cemento	63
4.3	Diseño de la estructura de pavimentos	64
4.3.1	Periodo de diseño	64
4.3.2	Distribución del tráfico	64
4.3.3	Factor de conversión de ejes equivalentes de carga	65
4.3.4	Índice de serviciabilidad	67
4.3.5	Factor de confiabilidad	68

4.3.6	Desviación estándar.....	68
4.3.7	Coefficientes de drenaje	69
4.4	Parámetros para el diseño del pavimento rígido.....	70
4.4.1	Módulo de reacción combinado	70
4.4.2	Módulo de rotura	71
4.4.3	Módulo de elasticidad del hormigón.....	72
4.4.4	Coefficiente de transmisión de carga.....	73
4.4.5	Espesor de la losa de pavimento rígido	73
4.4.6	Diseño de juntas	74
4.5	Parámetros para el diseño del pavimento flexible	76
4.5.1	Módulo de resiliencia	76
4.5.2	Coefficientes de drenaje, para pavimento flexible.	77
4.5.3	Coefficientes estructurales.....	77
4.5.4	Número estructural.....	78
4.5.5	Espesor de la carpeta asfáltica de pavimento flexible	79
4.6	Presupuesto teórico	80
4.7	Discusión de resultados	84
4.7.1	Resultados pavimento rígido	84
4.7.2	Resultados pavimento flexible	86
4.7.3	Análisis de Resultados.....	88
	CONCLUSIONES	89
	RECOMENDACIONES	90
	REFERENCIAS.....	91
	ANEXOS	94
	ANEXO I	95
	Estudio de Tráfico	95
	ANEXO II.....	100
	Estudio de Suelos	100
	ANEXO III.....	137
	Levantamiento Topográfico	137
	ANEXO IV	139
	Diseño Geométrico Horizontal, Vertical y Transversal.....	139
	ANEXO V.....	146
	Pavimentos	146

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 <i>Ubicación geográfica.</i>	5
Ilustración 1.2 <i>Estado actual.</i>	6
Ilustración 1.3 <i>Clasificación general de los vehículos.</i>	7
Ilustración 1.4 <i>Curvas de nivel.</i>	13
Ilustración 2.1 <i>Ubicación de la pantalla para el conteo manual.</i>	17
Ilustración 2.2 <i>Conteo manual</i>	17
Ilustración 2.3 <i>Curva de variación horaria.</i>	18
Ilustración 2.4 <i>Ubicación de la pantalla para el conteo automático.</i>	19
Ilustración 2.5 <i>Composición del tráfico.</i>	21
Ilustración 2.6 <i>Composición del tráfico.</i>	23
Ilustración 2.7 <i>Ajuste de livianos.</i>	25
Ilustración 2.8 <i>Equipo para levantamiento topográfico.</i>	31
Ilustración 2.9 <i>Ubicación puntos georreferenciados.</i>	32
Ilustración 2.10 <i>Franja topográfica levantada.</i>	33
Ilustración 2.11 <i>Extracción de calicatas.</i>	34
Ilustración 2.12 <i>Tamizado y secado.</i>	36
Ilustración 2.13 <i>Curva granulométrica C2-A2.</i>	37
Ilustración 2.14 <i>Curva granulométrica C2-A3.</i>	37
Ilustración 2.15 <i>Curva granulométrica C3-A2.</i>	38
Ilustración 2.16 <i>Curva granulométrica C4-A1.</i>	38
Ilustración 2.17 <i>Ensayo para determinar el límite líquido.</i>	39
Ilustración 2.18 <i>Ensayo para determinar el límite plástico.</i>	40
Ilustración 2.19 <i>Ensayo de Proctor modificado.</i>	41
Ilustración 2.20 <i>Densidad seca-Humedad óptima C2-A2.</i>	42
Ilustración 2.21 <i>Densidad seca-Humedad óptima C4-A2.</i>	42
Ilustración 2.22 <i>Densidad seca-Humedad óptima C6-A2.</i>	42
Ilustración 2.23 <i>Gráfica de CBR C2-A2.</i>	43
Ilustración 2.24 <i>Gráfica de CBR C4-A2.</i>	43
Ilustración 2.25 <i>Gráfica de CBR C6-A2.</i>	44
Ilustración 3.1 <i>Gráfica de la sección de la cuneta tipo triangular.</i>	51
Ilustración 3.2 <i>Gráfica del carril de la vía proyectada.</i>	52
Ilustración 3.3 <i>Gráfica de una curva.</i>	53
Ilustración 3.4 <i>Sección transversal de corte y relleno.</i>	58
Ilustración 4.1 <i>Valor de CBR (Pavimento flexible).</i>	60
Ilustración 4.2 <i>Valor de CBR (Pavimento rígido).</i>	60
Ilustración 4.3 <i>Mejora del módulo de la subrasante.</i>	63
Ilustración 4.4 <i>Sección típica - pavimento rígido.</i>	86
Ilustración 4.5 <i>Sección típica - pavimento flexible.</i>	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 <i>Ubicación geográfica.</i>	5
Tabla 2.1 <i>Clasificación vehicular.</i>	20
Tabla 2.2 <i>Total de vehículos del conteo manual.</i>	21
Tabla 2.3 <i>Conteo automático.</i>	22
Tabla 2.4 <i>Tabla de consumo de combustibles.</i>	23
Tabla 2.5 <i>Factores de ajuste para TPDA.</i>	24
Tabla 2.6 <i>TPDA actual.</i>	24
Tabla 2.7 <i>Tasas de crecimiento vehicular.</i>	25
Tabla 2.8 <i>TPDA quincenal.</i>	28
Tabla 2.9 <i>Tráfico actual.</i>	28
Tabla 2.10 <i>Tráfico futuro.</i>	29
Tabla 2.11 <i>Clasificación en función del tráfico proyectado.</i>	30
Tabla 2.12 <i>Clasificación funcional MTOP.</i>	30
Tabla 2.13 <i>Puntos georreferenciados.</i>	32
Tabla 2.14 <i>Ubicación puntos para la extracción de calicatas.</i>	34
Tabla 2.15 <i>Contenido de humedad.</i>	35
Tabla 2.16 <i>Límite líquido.</i>	39
Tabla 2.17 <i>Límite plástico.</i>	40
Tabla 2.18 <i>Índice de plasticidad.</i>	40
Tabla 2.19 <i>Resultados CBR.</i>	44
Tabla 2.20 <i>Información segunda calicata (C2).</i>	44
Tabla 2.21 <i>Datos del estudio de suelo segunda calicata (C2).</i>	45
Tabla 2.22 <i>Información cuarta calicata (C4).</i>	45
Tabla 2.23 <i>Datos del estudio de suelo cuarta calicata (C4).</i>	46
Tabla 2.24 <i>Información sexta calicata (C6).</i>	46
Tabla 2.25 <i>Datos del estudio de suelo sexta calicata (C6).</i>	47
Tabla 3.1 <i>Tabla de anchos de calzada.</i>	48
Tabla 3.2 <i>Velocidades.</i>	48
Tabla 3.3 <i>Coefficientes de fricción lateral.</i>	49
Tabla 3.4 <i>Radios mínimos.</i>	49
Tabla 3.5 <i>Clasificación de superficies de rodadura.</i>	50
Tabla 3.6 <i>Valores de diseño recomendables de los taludes.</i>	52
Tabla 3.7 <i>Resultados de diseño geométrico horizontal.</i>	53
Tabla 3.8 <i>Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas.</i>	55
Tabla 3.9 <i>Curvas verticales cóncavas mínimas.</i>	55
Tabla 3.10 <i>Curvas verticales convexas mínimas.</i>	56
Tabla 3.11 <i>Resultados del diseño geométrico vertical.</i>	57
Tabla 3.12 <i>Volúmenes totales de corte y relleno.</i>	58
Tabla 4.1 <i>CBR de diseño (Pavimento flexible).</i>	60
Tabla 4.2 <i>CBR de diseño (Pavimento rígido).</i>	60
Tabla 4.3 <i>Clasificación de la subrasante.</i>	61
Tabla 4.4 <i>Materiales de mejoramiento.</i>	61
Tabla 4.5 <i>Materiales de subbase.</i>	62
Tabla 4.6 <i>Materiales de base.</i>	62
Tabla 4.7 <i>Periodo de diseño recomendado por la AASHTO.</i>	64

Tabla 4.8	<i>Factores de distribución por carril.</i>	64
Tabla 4.9	<i>Relación de cargas por eje para pavimento flexible o semirrígido.</i>	65
Tabla 4.10	<i>Relación de cargas por eje para pavimento rígido.</i>	66
Tabla 4.11	<i>Carga estándar por eje simple equivalente para pavimento rígido.</i>	66
Tabla 4.12	<i>Carga estándar por eje simple equivalente para pavimento flexible.</i>	66
Tabla 4.13	<i>Índices de serviciabilidad final.</i>	67
Tabla 4.14	<i>Niveles de confiabilidad.</i>	68
Tabla 4.15	<i>Desviación estándar.</i>	68
Tabla 4.16	<i>Consideraciones de drenaje.</i>	69
Tabla 4.17	<i>Coeficientes de drenaje.</i>	69
Tabla 4.18	<i>Coeficiente de reacción combinado resultante.</i>	71
Tabla 4.19	<i>Resistencia del concreto f_c en base al rango de tráfico.</i>	72
Tabla 4.20	<i>Módulo de rotura resultante.</i>	72
Tabla 4.21	<i>Coeficiente de transmisión de carga.</i>	73
Tabla 4.22	<i>Espesor de la losa de hormigón.</i>	74
Tabla 4.23	<i>Juntas de contracción.</i>	75
Tabla 4.24	<i>Juntas de construcción.</i>	75
Tabla 4.25	<i>Juntas longitudinales.</i>	76
Tabla 4.26	<i>Módulo de resiliencia.</i>	76
Tabla 4.27	<i>Coeficientes de drenaje para pavimento flexible.</i>	77
Tabla 4.28	<i>Coeficientes estructurales.</i>	77
Tabla 4.29	<i>SN periodo 2026-2036.</i>	79
Tabla 4.30	<i>SN periodo 2036-2046.</i>	79
Tabla 4.31	<i>Espesor de la losa de pavimento asfáltico.</i>	80
Tabla 4.32	<i>Presupuesto para pavimento rígido.</i>	81
Tabla 4.33	<i>Presupuesto para pavimento flexible</i>	82
Tabla 4.34	<i>Resultados - pavimento rígido.</i>	85
Tabla 4.35	<i>Resultados primer periodo - pavimento flexible.</i>	86
Tabla 4.36	<i>Resultados segundo periodo - pavimento flexible.</i>	87

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.1 <i>Conteo manual para la vía Cesar Andrade y Cordero</i>	96
Anexo 1.2 <i>Variación diaria del tráfico</i>	98
Anexo 1.3 <i>TPDA futuro para livianos buses y camiones</i>	99
Anexo 2.1 <i>Ensayo para la determinación del contenido de humedad</i>	101
Anexo 2.2 <i>Análisis granulométrico calicata #1</i>	102
Anexo 2.3 <i>Análisis granulométrico calicata #2</i>	103
Anexo 2.4 <i>Análisis granulométrico calicata #3</i>	104
Anexo 2.5 <i>Análisis granulométrico calicata #4</i>	105
Anexo 2.6 <i>Análisis granulométrico calicata #5</i>	106
Anexo 2.7 <i>Análisis granulométrico calicata #6</i>	107
Anexo 2.8 <i>Límite líquido calicata #1</i>	108
Anexo 2.9 <i>Límite líquido calicata #2</i>	108
Anexo 2.10 <i>Límite líquido calicata #3</i>	109
Anexo 2.11 <i>Límite líquido calicata #4</i>	109
Anexo 2.12 <i>Límite líquido calicata #5</i>	110
Anexo 2.13 <i>Límite líquido calicata #6</i>	110
Anexo 2.14 <i>Límite plástico calicata #1</i>	111
Anexo 2.15 <i>Límite plástico calicata #2</i>	111
Anexo 2.16 <i>Límite plástico calicata #3</i>	111
Anexo 2.17 <i>Límite plástico calicata #4</i>	112
Anexo 2.18 <i>Límite plástico calicata #5</i>	112
Anexo 2.19 <i>Límite plástico calicata #6</i>	112
Anexo 2.20 <i>Proctor modificado calicata #1 - A2</i>	113
Anexo 2.21 <i>Proctor modificado calicata #2 - A2</i>	114
Anexo 2.22 <i>Proctor modificado calicata #3 - A2</i>	115
Anexo 2.23 <i>Proctor modificado calicata #4 - A2</i>	116
Anexo 2.24 <i>Proctor modificado calicata #5 - A2</i>	117
Anexo 2.25 <i>Proctor modificado calicata #6 - A2</i>	118
Anexo 2.26 <i>Perfil estratigráfico calicata #1</i>	119
Anexo 2.27 <i>Perfil estratigráfico calicata #2</i>	120
Anexo 2.28 <i>Perfil estratigráfico calicata #3</i>	121
Anexo 2.29 <i>Perfil estratigráfico calicata #4</i>	122
Anexo 2.30 <i>Perfil estratigráfico calicata #5</i>	123
Anexo 2.31 <i>Perfil estratigráfico calicata #6</i>	124
Anexo 2.32 <i>Resultados de ensayos en laboratorio calicata #2</i>	125
Anexo 2.33 <i>Resultados de ensayos en laboratorio calicata #4</i>	129
Anexo 2.34 <i>Resultados de ensayos en laboratorio calicata #6</i>	133
Anexo 3.1 <i>Puntos de referencia levantados</i>	138
Anexo 4.1 <i>Dimensiones para cunetas</i>	140
Anexo 4.2 <i>Plano del diseño geométrico, número 1</i>	141
Anexo 4.3 <i>Plano del diseño geométrico, número 2</i>	142
Anexo 4.4 <i>Plano del diseño geométrico, número 3</i>	143
Anexo 4.5 <i>Plano del diseño geométrico, número 4</i>	144
Anexo 4.6 <i>Plano del diseño geométrico, número 5</i>	145
Anexo 5.1 <i>Porcentaje de asignación vehicular para pavimentos rígidos</i>	147
Anexo 5.2 <i>Porcentaje de asignación vehicular para pavimentos flexibles</i>	147
Anexo 5.3 <i>FCE para pavimento flexible (primer periodo)</i>	148
Anexo 5.4 <i>FCE para pavimento flexible (segundo periodo)</i>	149
Anexo 5.5 <i>FEC para pavimento rígido</i>	150

INTRODUCCIÓN

Actualmente, muchas de las zonas periféricas al centro de ciudad se han convertido en sitios de tipo residencial, aumentando el número de viajes, así como problemas en cuanto a la circulación vehicular, esto se basa en el creciente aumento poblacional y su relación con el patio automotor en la ciudad de Cuenca, es aquí donde surge la necesidad de generar proyectos que respondan a la demanda y mejora de las condiciones viales por parte de los usuarios.

La comunidad de Racar en la parroquia San Sebastián de la ciudad de Cuenca, en los años recientes ha tenido un crecimiento poblacional, de centros educativos, comerciales e industriales, importantes para la comunidad, lo que ha traído consigo un incremento en el número de viajes que pobladores realizan hacia los centros de concentración social y económica, esto se relaciona directamente al aumento del flujo vehicular de los distintos accesos que se unen a las avenidas principales de la ciudad.

El presente proyecto busca optimizar un tramo de vía de desfogue mediante un diseño geométrico adecuado que permita mejorar la sección vial y además propuestas para el acabado a nivel de capa de rodadura; para ello se aplicara la normativa nacional que rige el diseño de proyectos viales y las bases teóricas aplicables; complementando la información con el software AutoCAD y Civil 3D que agiliza el procesamiento de datos, mismos que serán levantados en campo.

Antecedentes

Dentro de la provincia del Azuay, ubicada en la parte Norte de la ciudad del Cuenca, se encuentran las comunidades de Racar, Sayausí y Sinincay. Estas comunidades son conocidas en los últimos años por el aumento en cuanto proyectos de tipo residencial y comercial, relacionándolos con obras complementarias, como servicios de agua potable e hidrosanitaria que comúnmente se llevan a la par de un proyecto vial.

Las ciudades son cada vez más grandes, esto se refleja en la creciente necesidad de los usuarios de movilizarse, buscado comodidad y seguridad por parte de la infraestructura vial, derivando en la apertura y mantenimiento de las distintas vías que conectan comunidades y centros parroquiales, pese a ello el aumento en el flujo vehicular en horas pico genera molestia por parte de los usuarios.

Con el avance de nuevas tecnologías en el ámbito vial se han reducido los tiempos de construcción y mantenimiento en las avenidas y calles principales de alto tráfico. A pesar de ello, en sectores rurales hay necesidad de movilizarse a los centros de concentración social y económica de las cabeceras parroquiales, de donde se plantea el permitir una correcta movilidad y acceso a esos servicios; mediante la creación y mejora de proyectos viales para zonas aledañas a las ciudades, esto se relaciona con la mejora en la prestación de servicios de alcantarillado, agua potable, recolección de residuos, entre otros. Siendo menester hacer los respectivos estudios que implica el levantamiento y diseño geométrico en la longitud efectiva de una vía.

Es evidente que, en varios sectores del Azuay, no se cuenta con un diseño geométrico vial o estudios para la propuesta de proyectos de pavimentación. La mayoría de estos sectores son marginados del resto de proyectos viales, encasillados como vías de baja prioridad, aunque estén a escasos kilómetros de la ciudad, sin considerar que podrían llegar a ser vías alternas que conectan rápida y eficazmente a los distintos sectores, reduciendo el tiempo y el tráfico en vías aledañas en las horas pico.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el diseño geométrico y de pavimento para un tramo de la vía Cesar Andrade y Cordero, sector San José de Balzay; generando propuestas por medio de análisis técnicos.

Objetivos específicos

Determinar los volúmenes de tráfico, información topográfica y estudio de suelos aplicando la normativa.

Realizar el diseño geométrico tanto horizontal como vertical con base en la norma MTOP (2003) y la categorización vial, respetando la compensación de volúmenes.

Elaborar el diseño del pavimento adaptado a las características del suelo, para generar un presupuesto.

Alcance

El diseño se basa en una franja topográfica de 3.3 Km de longitud aproximada para la Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay. Una vez que la vía se delimita, se procederá al conteo vehicular en los accesos, seguido de estudios topográficos y geotécnicos; para llevar a cabo el diseño geométrico, que abarca diseño horizontal, vertical y transversal de la sección de vía. Resultando en el diseño de pavimentos donde se compararán las opciones más viables, en donde se permita presupuestar los tipos de pavimentos más acordes. Todo lo dicho anteriormente, se basa en normas nacionales como la emitida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP, 2003); Así como normas internacionales como la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y de Transporte (AASHTO, por sus siglas en inglés) y la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés).

Justificación

El proyecto se justifica no solo por la importancia de garantizar mejoras en cuestión de movilidad y vialidad al brindar comodidad, seguridad, reducción del polvo en suspensión y otros contaminantes, sino también de brindar medidas alternas para reducir la afluencia de congestión vehicular y otras emisiones generadas por el tráfico en sectores aledaños; mediante diseños viales que cumplan a cabalidad con las normativas adecuadas para mejorar la calidad del aire y las condiciones de salud para los habitantes del sector.

Para el caso de las comunidades cercanas al sector se ha determinado la necesidad del desarrollo de una propuesta vial para el tramo comprendido entre Racar y San José de Balzay, buscando mejorar las prestaciones de la vía, mismas que permitirían elevar la

calidad de vida y fomentar el crecimiento de estos sectores logrando así atraer inversión externa que posteriormente podría generar futuras fuentes de trabajo, así como una mejora en el tránsito entre la ciudad de Cuenca y los sectores de Balzay, Sinincay y Racar, ya que permite la apertura de rutas alternas a las ya existentes.

De lo que se ha podido contrastar el estado actual consta de una vía que sirve para conectar los sectores rurales con vías principales en el sentido San José de Balzay-Sinincay, contando con un primer tramo con acabados a nivel de lastre y un segundo tramo con una capa de pavimento en mal estado, que pese a ser funcional, limita en cierto modo la capacidad y prestaciones de servicialidad de la vía hacia los usuarios, mismos que relatan problemas de congestión en horas pico especialmente en los cruces que conectan a las avenidas de alto tráfico vehicular, así como incomodidad en el ambiente por la cantidad de partículas de polvo que levantan los vehículos.

Como parte de los objetivos se plantea llevar a cabo el levantamiento y diseño de esta vía para trazar las bases del diseño de la capa de pavimento que mejor se adapte a una vía de este tipo. Esto permitirá un mayor flujo vehicular, aumentará la seguridad y proporcionará comodidad para los habitantes y personas que requieren hacer uso de dicho acceso, con esto buscamos aliviar los problemas de tráfico vehicular y mejorar las condiciones del aire en zonas aledañas, resultantes del constante crecimiento poblacional de la ciudad para los años útiles de la vía.

La vía sirve como ruta principal o alternativa para varias escuelas, colegios y comercios de la zona, por lo que se buscan estudios topográficos de los distintos tramos, complementados con diseños geométricos horizontal, vertical y transversal; generando propuestas para capas de rodadura adaptadas a la morfología del terreno, sustentado en que los costos para estos trabajos implican cantidades elevadas de inversión, pero al contar con estudios previos, dichos costos pueden verse reducidos, así como evitar complicaciones en el replanteo.

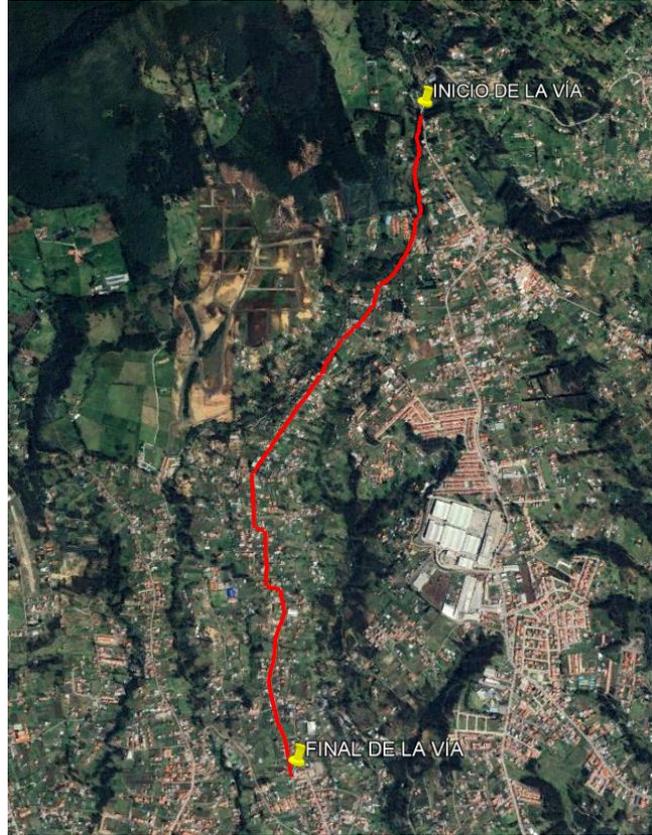
CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Localización

El tramo vial sirve los sectores de Balzay, Sinincay y Racar, con una longitud de 3.3 Km, como se evidencia en la Ilustración 1.1.

Ilustración 1.1 *Ubicación geográfica.*



Fuente: Elaboración propia (2024), adaptada del software Google Earth (2024).

1.1.1 Localización geográfica

Sistema de Coordenadas: Universal Transversal de Mercator (UTM).

Tabla 1.1 *Ubicación geográfica.*

Descripción	Abscisa	Norte	Zona
Inicio	717872.56 m E	9684922.98 m S	17M
Fin	717295.19 m E	9681953.94 m S	17M

Fuente: Elaboración propia (2024).

1.2 Contexto del proyecto

1.2.1 Estado actual

Actualmente, en la vía se distinguen dos tramos principalmente, el primero con acabados a nivel de lastre y un segundo con un doble tratamiento superficial bituminoso, que, pese a ser funcional actualmente presenta numerosos baches, fisuras, asentamientos, desmoronamientos y desplazamientos en su superficie, así como secciones irregulares a lo largo de la longitud efectiva de la vía.

Ilustración 1.2 Estado actual.



Nota: La imagen a la izquierda muestra el acabado a nivel de Doble Tratamiento Superficial Bituminoso (DBT), por otro lado, la imagen a la derecha nos muestra el acabado a nivel de Lastre.

Fuente: Elaboración Propia (2024).

1.3 Marco teórico

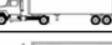
1.3.1 Tráfico

El flujo de vehicular es ineludible en el diseño de un tramo de carretera al usar los datos levantados para determinar la capacidad máxima de vehículos, relacionado directamente con el diseño geométrico y de pavimentos (MTO, 2003). El estudio de tráfico se lo lleva determinando la cantidad y tipos de vehículos, así como la proyección de este para el volumen de la vía.

1.3.2 Volúmenes de tráfico

El estudio de los volúmenes de tráfico se realiza en tramos específicos de la vía con mayor flujo vehicular, para lo que se realiza un conteo vehicular en cada sentido de circulación, clasificando las tipologías de vehículos, así como la obtención del tráfico promedio diario.

Ilustración 1.3 Clasificación general de los vehículos.

TIPO DE VEHICULO		No. de Ejes	ESQUEMA	SÍMBOLO
VEHICULOS LIVIANOS	AUTOMOVIL	2		P
	CAMIONETA			C
VEHICULOS PESADOS	AUTOBUSES	2		B
	CAMIONES	2		2-S
		3		3-S
		4		2-S1
		4		2-S2
		5		3-S2
			OTRAS COMBINACIONES	
VEHICULOS ESPECIALES	CAMIONES Y/O REMOLQUES ESPECIALES	VARIABLE		En variable
	MAQUINARIA AGRICOLA			
	BICICLETAS Y MOTOCICLETAS			
	OTROS			

Fuente: MTOP (2003).

1.3.3 Conteo automático

Se realiza el conteo por medio de un equipo tecnológico que registra los vehículos que transitan durante siete días consecutivos, las 24 horas del día. Se ubica principalmente en un tramo que no presente variaciones en el flujo vehicular y con ello se obtiene una esquematización más amplia del tráfico que presenta la misma.

1.3.4 Conteo manual

Se hace un conteo manual de 12 horas establecido por la norma en uno o varios días para evitar alteraciones en lo que se considera como tráfico cotidiano para la vía, con ello se hace un ajuste respecto al conteo automático para representar la realidad del flujo vehicular dentro de la zona que comprende la vía.

1.3.5 Tasa de motorización vehicular

Se la define como el número de vehículos por cada mil habitantes en la ciudad para un año determinado, esto comprendido para cada tipo de vehículo según su clasificación (MTOP, 2003). Para la obtención de esta es necesario hacer uso de las tendencias

históricas de crecimiento del parque automotor, relacionándola con la tasa de saturación vehicular por medio de las expresiones:

Ecuación 1.1 *Tasa de motorización.*

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

Ecuación 1.2 *Tasa de saturación.*

$$(a + bt) = \ln \left(\frac{T_s}{T_m} - 1 \right)$$

Donde:

T_m = Tasa de motorización

T_s = Tasa de saturación

a, b = Constantes

t = Tiempo (años)

e = Base el Logaritmo Natural

1.3.6 Tasa de crecimiento de tráfico

Las tasas de crecimiento vehicular son un dato relevante al momento de hallar las proyecciones del tráfico, es aquí en donde se hace uso del modelo NOBEL LOGIT o método lógit, que nos permite obtener las ecuaciones de ajuste y proyección para las tasas de motorización y saturación (MTOPI, 2003); por medio de la información levantada en campo, así como, factores de población y producción de la provincia.

1.3.7 Tráfico promedio diario anual (TPDA)

El tráfico promedio diario anual es el volumen representativo de la cantidad de vehículos que transitan por la vía en un día promedio del año, para ello se hace uso de factores de ajuste como el factor horario, diario, semanal y mensual (MTOPI, 2003). En función de llegar a determinar dichos volúmenes, se hará uso de la expresión III-1, extraída de la normativa nacional, descrita a continuación.

Ecuación 1.3 *Determinación del TPDA.*

$$TPDA = T_o \cdot F_e$$

$$F_e = f_h \cdot f_d \cdot f_s \cdot f_m$$

Donde:

$T_o = \text{Tráfico Observado}$

$F_e = \text{Factor de Expansión}$

- **Factor Horario**

Este factor de conversión se lo aplica para transformar el volumen de tráfico observado en un determinado número de horas a un volumen de tráfico diario promedio.

Ecuación 1.4 *Factor horario.*

$$f_h = \frac{\text{Total tráfico del conteo automático del día correspondiente al conteo manual}}{\text{Tráfico del conteo automático correspondiente a las horas del conteo manual}}$$

- **Factor Diario**

Factor que transforma el volumen de tráfico diario promedio que se obtiene a través del factor horario, a un valor de tráfico semanal promedio.

Ecuación 1.5 *Factor diario.*

$$f_d = \frac{\text{Promedio diario semanal de conteo automático}}{\text{Tráfico del conteo automático del día correspondiente al conteo manual}}$$

- **Factor Semanal**

Obtenido por medio del factor diario, permite transformar el volumen de tráfico semanal promedio en el volumen mensual promedio, relacionado con el mes en donde se levantó la información del conteo.

Ecuación 1.6 *Factor semanal.*

$$f_s = \frac{\text{Promedio del tráfico semanal del conteo automático}}{\text{Tráfico de la semana que contiene el día del conteo manual}}$$

- **Factor Mensual**

Este factor transforma el volumen de tráfico mensual, resultante del factor semanal, a un tráfico promedio diario anual (TPDA), relacionando este factor comúnmente con los consumos históricos de combustible.

Ecuación 1.7 *Factor mensual.*

$$f_m = \frac{\text{Consumo promedio mensual de combustible}}{\text{Consumo de combustibles del mes que contiene el conteo manual}}$$

1.3.8 Tráfico futuro

El tráfico futuro considera el crecimiento poblacional, relacionándolo con el del parque automotor, con una tasa que permita proyectar el tráfico que circula en el tramo de análisis y obtener el futuro, es necesario el periodo de diseño para cuantificar los vehículos que debe soportar la estructura del pavimento.

- **Tránsito Atraído**

Se refiere a aquel volumen de tráfico que migra de una carretera a otra, una vez finalizados los trabajos de construcción o mejoras, por motivos de ahorros de tiempo o distancias (Cal y Mayor & Cárdenas James, 2018).

- **Tránsito Generado**

Es aquel volumen de tráfico, constituido por el número de viajes que se pueden dar si la construcción o mejoras de la vía ocurren, comúnmente se produce en los dos años posteriores a la terminación de los trabajos, basándose en la expresión III-4 de la MTOP (2003), que se explica en la siguiente ecuación.

Ecuación 1.8 *Tráfico futuro.*

$$TF = T_a \cdot (1 + i)^n$$

Donde:

$TF =$ Tráfico futuro

$T_a =$ Tráfico Atraído

$i =$ Tasa de incremento de tránsito

$n =$ Numero de años a los que se proyecta el diseño

1.3.9 Clasificación de las carreteras

En función de encasillar la infraestructura dentro del sistema de clasificación nacional de la red vial, se hace uso de los parámetros emitidos por parte del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, para lograr ampliar la visión del tipo de vía a tratar, en base a las características de tráfico, jurisdicción y topografía.

1.3.9.1 Conforme a su capacidad

En la región el diseño de carreteras se rige por funcionalidad y geometría según la clasificación, que usa el TPDA proyectado para el año horizonte, lo que justifica el crecimiento del parque automotor en los últimos años o el incremento de accidentes, por lo que con esta clasificación se busca dotar de un correcto dimensionamiento y seguridad para los usuarios de la vía (MTOP, 2003).

1.3.9.2 Conforme a su jerarquía

En función de los volúmenes de tráfico de una vía, existirán divisiones en base a la capacidad, pero esta puede verse relacionada en ciertos casos con la importancia de la vía en cuanto a sus años de diseño, conexiones con otras vías y prestaciones, distinguiendo tres subclasificaciones principales, conforme a la Norma Para Estudios y Diseños Viales (NEVI-12 – MTOP, 2013).

- **Corredores arteriales**

Se los considera caminos con una alta jerarquía, siendo aquellos caminos que conectan Capitales de Provincia, Puertos marítimos de gran importancia y pasos fronterizos, en estas se distinguen autopistas con alta movilidad y una accesibilidad controlada a lo largo de su recorrido (NEVI-12 - MTOP, 2013).

- **Colectoras**

Son consideradas de mediana jerarquía, ya que como su nombre lo indica, están destinadas a recolectar los volúmenes de tráfico de caminos vecinales y poblaciones que no se conectan al sistema arterial, usadas para recorridos intermedios sus requerimientos son menores comparados a los corredores arteriales (NEVI-12 - MTOP, 2013).

- **Caminos vecinales**

Son todos aquellos caminos que no se mencionan en las dos clasificaciones anteriores, aquí se encuentran todos los caminos rurales que se destinan para captar el tráfico de zonas residenciales agrícolas y accesos turísticos (NEVI-12 - MTOP, 2013).

Adicionalmente a las clasificaciones mencionadas a nivel nacional, consideramos aquellas que responden al modelo urbano de movilidad dentro de la ciudad, conforme a la demanda, localización, actividades económicas y atracción de viajes, para lo cual

se hace uso de la jerarquización vial en el Plan de Movilidad y Espacios Públicos del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cuenca.

- **Vías expresas**

Entendidas como vías con mayor capacidad en cuanto a circulación, relacionan el sistema vial interurbano y el urbano para ubicaciones distantes entre sí; son vías de alta velocidad de circulación, comprendida en un límite de 90 km/h, así como bajas condiciones de accesibilidad, estas vías representan el 3% del varío urbano (GAD Municipal de Cuenca, 2015).

- **Vías arteriales**

Referido a viajes a escala de ciudad, estas redes viales canalizan el tráfico motorizado de la parte periférica de la ciudad, hacia los caminos internos, caracterizándose por contar con 2 o más carriles de circulación en cada sentido y una velocidad de circulación entre los 50 km/h, con una muestra del 6% dentro del casco urbano de la ciudad (GAD Municipal de Cuenca, 2015).

- **Vías colectoras**

Sirven de medio para conectar los viajes de salida con los destinos principales, por lo cual se encargarán de garantizar el acceso de los distintos barrios hacia las vías locales, al tratarse de un tráfico con nivel de capacidad intermedia, la velocidad permitida es de 50km/h, cabe mencionar que estas vías corresponden al 18% de las calles para la parte urbana de la ciudad (GAD Municipal de Cuenca, 2015).

- **Vías locales**

Dentro de esta clasificación están referidas aquellas vías cuyo destino final son, en su mayoría los de residencia, en donde debe prevalecer el tráfico peatonal, caracterizadas por contar con 1 o 2 carriles de circulación y el uso de laterales para estacionamientos, éstas deberán enfocarse en la prioridad peatonal, ya que representan un 73% de las vías dentro de la ciudad (GAD Municipal de Cuenca, 2015).

1.3.9.3 Conforme a sus condiciones orográficas

Es importante definir las clasificaciones según la topografía del área que contemple la vía, en el país se cuentan con características en cuanto a la disposición orográfica que depende en gran medida de la región y el proyecto vial, distinguiendo así los siguientes tipos de terrenos de acuerdo a la NEVI-12 - MTOP (2013).

- **Terreno Llano**

Responde a vías con una máxima inclinación media menor a 5.0%, en este tipo los vehículos pueden verse permitidos a circular a velocidades mayores sin mayor riesgo en cuanto visibilidad.

- **Terreno ondulado**

Comprende vías con pendientes e inclinaciones que van desde 5.0% hasta 15%, en este caso la velocidad de circulación deberá verse reducida.

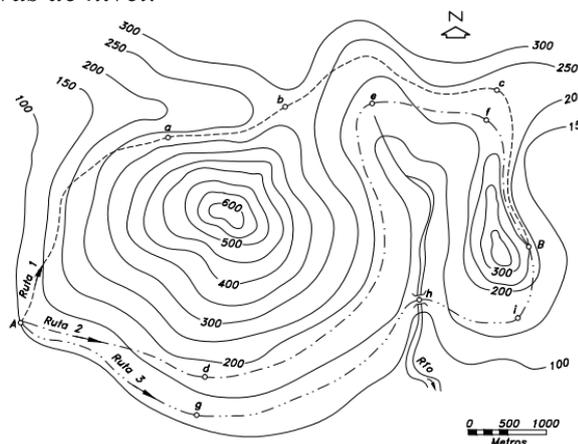
- **Terreno montañoso**

Este tipo de terrenos se subdividen en accidentados con pendientes entre 15.0% y 25.0% y muy accidentados con pendientes mayores al 25.00%, por lo que se ve reducida la velocidad, especialmente para vehículos pesados, disminuyendo las prestaciones que puede entregar la vía.

1.3.10 Topografía

El diseño geométrico comprende el levantamiento topográfico previo, que proporcione una descripción de distancias, dirección y elevaciones para conocer el estado actual, lo que permite realizar posibles correcciones en el diseño y análisis.

Ilustración 1.4 *Curvas de nivel.*



Fuente: Cárdenas Grisales (2013).

1.3.11 Sistemas de coordenadas geográficas

Sistema utilizado para la referenciación de puntos en la superficie terrestre de un proyecto por medio de coordenadas angulares que comprenden el sentido Norte o Sur (Latitud) y el Este u Oeste (Longitud), alineados al centro y eje de rotación terrestre.

Para el caso de estudio se hace uso del Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM), uno de los sistemas más utilizados a nivel mundial, que considera una proyección pseudocilíndrica que permite una menor distorsión en la parte del Ecuador, dividiendo la superficie terrestre en 60 husos de 6 grados de longitud; cada huso subdividido en zonas con 8 grados de latitud y 6 de longitud, haciendo uso de una numeración y letra en función de la zona en donde nos encontremos (Jim Riesterer, 2008).

1.3.12 Estudio de suelos

Los estudios de suelos permiten conocer la capacidad de soporte del terreno natural, por medio de ensayos de laboratorio en donde se evaluarán las características físicas, químicas y mecánicas del suelo. Entre los factores importantes para un buen estudio de suelos está el uso de las normativas que rigen estos ensayos, para ello se usará la información recopilada por la ASTM, en donde se describen las características y valores admitidos para las pruebas necesarias para el proyecto.

1.3.13 Clasificación de los suelos

Se define como el ordenamiento de los diferentes tipos de suelos en ciertos grupos que tienen propiedades semejantes. Existen varios sistemas de clasificación dentro de los cuales destacamos los siguientes:

- **Sistema unificado de clasificación del suelo (SUCS)**

Se usa principalmente para cálculos relacionados con las cimentaciones y taludes. Este sistema se basa en el porcentaje que pasa el tamiz N°200 y en los límites de Atterberg (Das, 2001); de donde se identifican los suelos usando las siglas en inglés: G (Grave), S (Sand), C (Clay).

- **Sistema de clasificación del suelo AASHTO**

Este sistema es más utilizado en el ámbito vial, se basa en los resultados obtenidos a partir del límite líquido, índice de plasticidad y los agregados que atraviesan el tamiz N°10, 40 y 200 (Das, 2001). A partir de estos se designan los 8 grupos que conforman este sistema, referidos por los símbolos del A-1 al A-8.

1.3.14 Diseño geométrico

El diseño geométrico se lo define como la concepción tridimensional de un proyecto vial, para el cual se busca garantizar las condiciones adecuadas de seguridad, comodidad y funcionalidad para los usuarios (Cárdenas Grisales, 2013); para ello se usan las consideraciones y elementos que componen el diseño geométrico que asegure una vía en condiciones propicias para la zona.

1.3.15 Diseño del pavimento

El pavimento es una estructura responsable de la absorción y transmisión de esfuerzos, la cual consta de varias capas superpuestas de materiales apropiados y compactados (Montejo Fonseca, 1998).

1.3.16 Tipologías de pavimento

Para este caso se distinguen dos pavimentos utilizables para la propuesta vial, diferenciables en composición y forma de transmisión de esfuerzos al suelo.

- **Pavimento rígido**

Constituido por una losa de concreto hidráulico, este tipo de pavimento destaca por apoyarse sobre la subrasante o capas de material seleccionado y contar con una distribución de esfuerzos en una zona amplia, siendo un comportamiento satisfactorio aun cuando se cuenten con puntos débiles en la subrasante del terreno (Montejo Fonseca, 1998).

- **Pavimento flexible**

Se entiende por pavimento flexible aquel que se conforma por una o varias capas de carpeta bituminosa o concreto asfáltico, este a diferencia del anterior acostumbra a apoyarse sobre una capa de base y subbase (Montejo Fonseca, 1998). En este caso la transmisión de esfuerzos se da por cohesión, fricción y pliegues en la superficie de la carpeta presentando pequeñas deformaciones pero que no comprometen la estructura.

CAPITULO II

2. ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1 Estudios de tráfico

En cuanto al análisis del tráfico, se refiere a la determinación de la cantidad y tipo de vehículos que transitan por la vía, para ello se implementó un conteo por cada sentido de flujo vehicular, permitiendo tener una representación adecuada del comportamiento del tráfico, factor determinante en el diseño geométrico y de pavimentos.

Este estudio se realiza para determinar la demanda vehicular de la vía, y mediante modelos estadísticos, se proyecta el crecimiento automotor contemplado los años del diseño vial (20 años), y como se mencionó, para los datos de campo se usa la clasificación vehicular del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, resaltando tres principales: livianos, buses y camiones; clasificándolos en función de la carga que aportan al pavimento. En el caso de los livianos se subclasifican en vehículo liviano y camioneta, de manera similar a los camiones, que se los subclasifica de acuerdo con la capacidad de carga.

2.1.1 Aforo vehicular

2.1.1.1 Conteo manual

En cuanto al conteo vehicular en campo, se efectuó una inspección previa de la vía Cesar Andrade y Cordero, en donde se determinó la estación de aforo vehicular, procurando los cruces en donde se observó un mayor flujo vehicular, llevando a cabo el mismo frente a la Iglesia San José de Balzay, Ilustración 2.1.

Ilustración 2.1 *Ubicación de la pantalla para el conteo manual.*



Fuente: Elaboración propia (2024).

El conteo se lo efectuó durante 12 horas consecutivas, comenzando a las 06:00 horas y finalizando a las 18:00 horas del martes 6 de febrero del 2024, tomando una semana y día, en donde no se presenten variaciones respecto al tráfico cotidiano y levantando la información para cada sentido de circulación, Ilustración 2.2.

Ilustración 2.2 *Conteo manual*



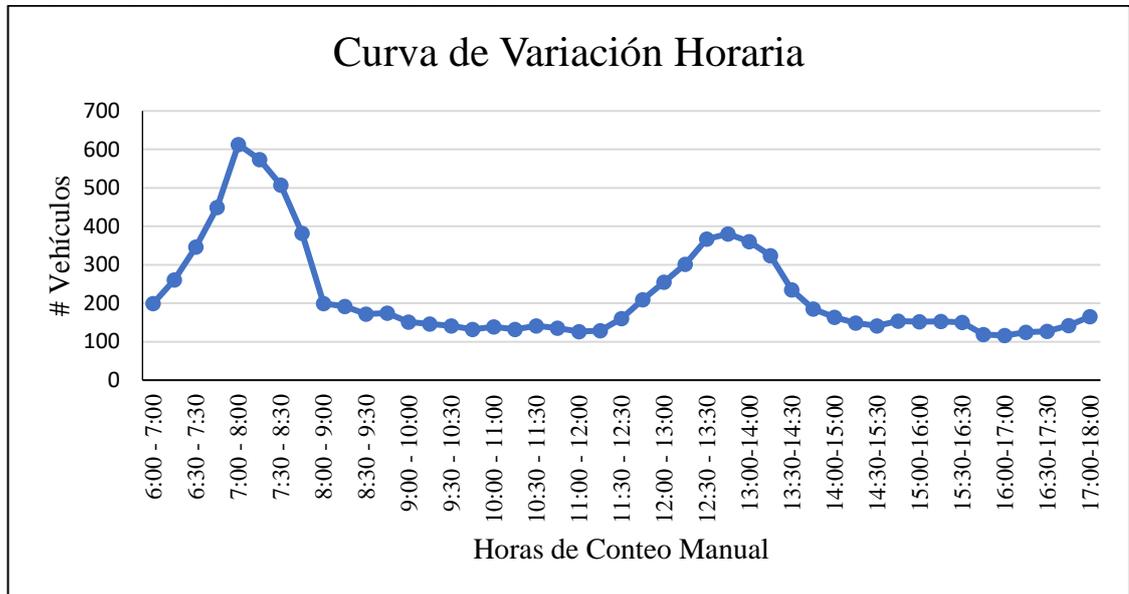
Nota: En la imagen izquierda se observa la estación de conteo manual frente a la iglesia San José de Balzay, mientras que la imagen derecha muestra la calle principal en el sentido de circulación vehicular.

Fuente: Elaboración propia (2024).

En la Ilustración 2.3 podemos evidenciar el cambio del flujo del tráfico en cada hora, para la intersección donde se hizo el conteo manual, de la cual determinamos que la hora más saturada se encuentra entre las 7:00 y 8:00 horas de la mañana, presentando

un segundo incremento entre las 12:30 a las 13:30 horas del mediodía, correlacionado esto con los horarios laborales y de estudio dentro de la zona.

Ilustración 2.3 *Curva de variación horaria.*



Fuente: Elaboración propia (2024).

2.1.1.2 Conteo automático

La normativa nacional exige un conteo vehicular automático para cuantificar el volumen total del tráfico y correlacionarlo a la composición semanal (MTOPI, 2003). En función de cumplir con lo indicado se obtuvo el conteo haciendo uso de una cámara de video vigilancia, que captó el tráfico de la zona, escogiendo un punto previo a la intersección con la calle Manuel de la Cruz y Piedra (Ilustración 2.4), de este modo se registró el tráfico al mes correspondiente al conteo manual, pero usando únicamente la información correspondiente a los días Lunes 29 de enero al Domingo 4 de febrero, contabilizando el tráfico de las 24 horas para los 7 días de la semana.

Ilustración 2.4 *Ubicación de la pantalla para el conteo automático.*



Nota: La imagen izquierda muestra una vista en planta de la estación de conteo automático, mientras que la derecha muestra la grabación obtenida desde una cámara de seguridad de la zona.

Fuente: Elaboración propia (2024).

2.1.1.3 Clasificación vehicular

Como parte del estudio del tráfico, se determina la clasificación de las tipologías de vehículos que circulan en la pantalla de conteo, para ello separamos los vehículos según su descripción, número de ejes, distribución de sus cargas por ejes y longitudes entre ejes, haciendo uso de las siguientes clasificaciones para la vía:

- **Liviano:** Vehículo de 2 ejes con rueda simples, para transportar hasta 5 pasajeros.
- **Camionetas:** Vehículo de 2 ejes con ruedas simples, para transportar hasta 1750 kg de carga, que puede o no contar con carro de arrastre, incluye a las Pick-Up doble cabina, Vehículos Utilitarios Deportivos (SUV_s, por sus siglas en inglés), furgonetas, ambulancias y vehículos que no superaren las 3.5 toneladas.
- **Buses BP:** Bus de un eje con rueda simple y un eje de rueda doble con un peso máximo permitido de 13.10 ton.
- **Camión 2A:** Camión pequeño de 2 ejes con rueda simples.
- **Camión 2DA:** Camión mediano de un eje con rueda simple y un eje con rueda doble.
- **Camión 2DB:** Camión grande de un eje con rueda simple y un eje con rueda doble.
- **Camión 3A:** Camión de un eje con rueda simple y dos ejes con rueda doble.
- **Camión 2S2:** Camión de un eje con rueda simple, un eje con rueda doble intermedio y dos ejes con rueda doble al final.

- **Volqueta V3A:** Volqueta de un eje con rueda simple y dos ejes con rueda doble.

Del total de vehículos que circulan por la intersección, se realizó una clasificación, en base a lo descrito anteriormente, obteniendo el total para cada tipo, como se muestra en la Tabla 2.1.

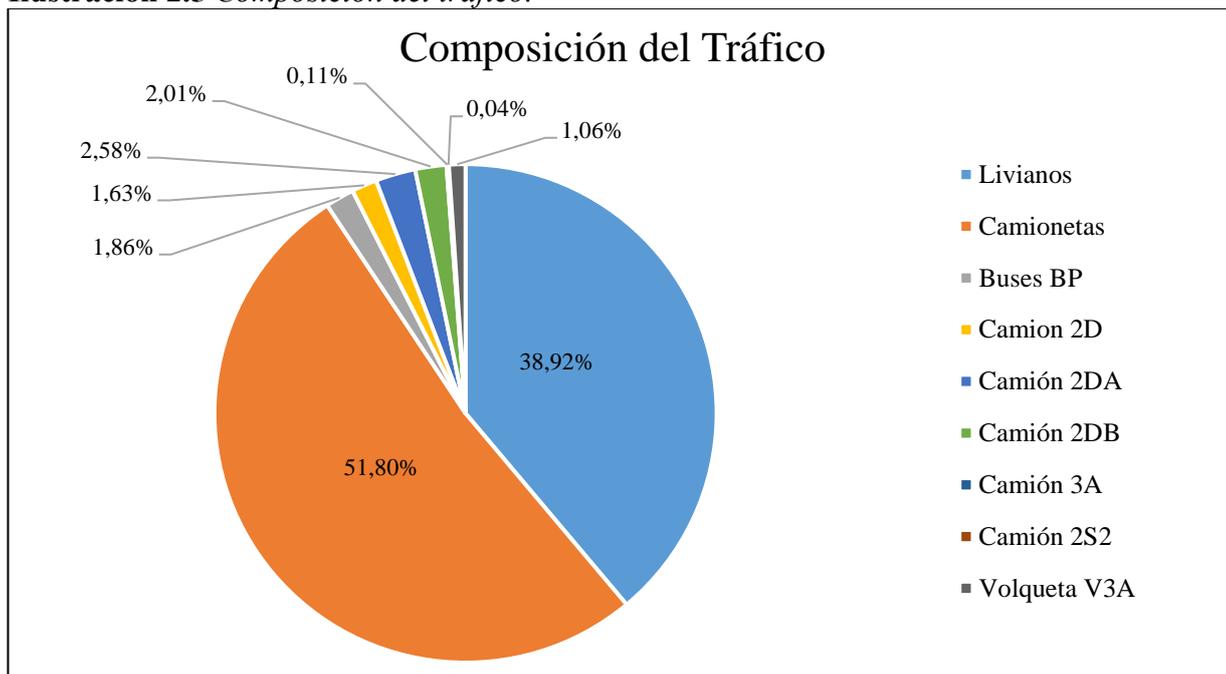
Tabla 2.1 Clasificación vehicular.

Clasificación Conteo Manual	
Livianos	1027
Camionetas	1367
Buses BP	49
Camión 2D	43
Camión 2DA	68
Camión 2DB	53
Camión 3A	3
Camión 2S2	1
Volqueta V3A	28

Fuente: Elaboración propia (2024).

En cuanto a la composición porcentual del tráfico determinada, tenemos que el 38.92% y 51.80% corresponde a un tipo de vehículo liviano y camioneta respectivamente, esto a causa de la baja frecuencia de arribo del transporte público, evidenciando el uso de camionetas de transporte mixto como medio alternativo de transporte, por otro lado se entiende que el 1.86% representa el tráfico buses urbanos y escolares, relacionado a varias escuelas que se benefician de la vía; así, el 7.43% compete a camiones debido al desarrollo inmobiliario en las comunidades, representados en la Ilustración 2.5.

Ilustración 2.5 Composición del tráfico.



Fuente: Elaboración propia (2024).

En la Tabla 2.2, se muestra el total de vehículos del conteo manual, utilizado únicamente para obtener los porcentajes de composición vehicular, por ende, el tráfico determinado en el conteo automático será la base para el cálculo del TPDA; esta resolución se apoya en considerar un flujo de tráfico consistente y típico para la vía (estación de conteo automático), observándose que en la pantalla de conteo manual el tráfico resulta mayor debido a la acumulación temporal de automóviles, la prevalencia de vías alternas, así como focos de concentración social y económica.

Tabla 2.2 Total de vehículos del conteo manual.

Total, Vehículos Conteo Manual		
Livianos	2394	90.72%
Buses	49	1.86%
Camiones	196	7.43%
Tráfico Total	2639	

Fuente: Elaboración propia (2024).

2.1.2 Cálculo del tráfico promedio diario anual

El TPDA es un factor elemental para la clasificación y diseño de pavimentos, para determinarlo, se usó la información del tráfico de la Tabla 2.3, efectuando ajustes que

permitan relacionar las variaciones horarias con las correspondientes al día, semana, mes y año del conteo, para pronosticar el tráfico futuro en base al actual.

Tabla 2.3 *Conteo automático.*

Conteo Automático de la Vía Cesar Andrade y Cordero										
Fecha:	Del lunes 29 enero al domingo 4 de febrero del 2024									
Horas	lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Promedio	Sumatoria	
0:00	1:00	7	1	0	1	0	2	3	2	14
1:00	2:00	2	0	0	1	2	4	4	2	13
2:00	3:00	0	0	0	0	2	4	10	3	16
3:00	4:00	0	0	0	0	0	1	1	1	2
4:00	5:00	3	3	2	2	2	3	2	3	17
5:00	6:00	6	5	6	5	9	6	3	6	40
6:00	7:00	54	54	49	49	42	18	9	40	275
7:00	8:00	91	109	113	97	65	35	22	76	532
8:00	9:00	49	38	41	37	46	26	24	38	261
9:00	10:00	37	30	22	33	17	25	30	28	194
10:00	11:00	32	12	32	21	18	44	49	30	208
11:00	12:00	34	37	27	20	39	43	43	35	243
12:00	13:00	57	56	55	52	48	44	36	50	348
13:00	14:00	78	74	61	76	71	48	47	65	455
14:00	15:00	37	31	31	38	29	48	44	37	258
15:00	16:00	34	35	31	39	17	34	53	35	243
16:00	17:00	30	19	22	24	28	46	37	30	206
17:00	18:00	42	33	32	34	35	48	43	39	267
18:00	19:00	49	39	45	35	40	37	27	39	272
19:00	20:00	33	25	33	46	38	47	32	37	254
20:00	21:00	28	25	20	21	34	21	21	25	170
21:00	22:00	17	10	18	12	19	21	16	17	113
22:00	23:00	12	4	7	5	10	8	18	10	64
23:00	0:00	1	3	2	4	8	7	7	5	32
Total		733	643	649	652	619	620	581	653	642
Σ	4497									
%	16,30%	14,30%	14,43%	14,50%	13,76%	13,79%	12,92%			

Fuente: Elaboración propia (2024).

En función de determinar el TPDA se pueden usar los datos obtenidos de estaciones permanentes, de consumo o patrones de variación estacional (MTOPI, 2003).

En el caso en estudio se adoptan los consumos históricos de combustibles a nivel del Ecuador, para gasolina extra (87 Octanos), super (92 Octanos) y diésel premium del año 2023, como se muestra en la Tabla 2.4, cabe resaltar que se analizaron los consumos históricos de combustible para la provincia del Azuay en 2021; datos emitidos por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), optando por los más actuales a nivel país, ya que no representan mayor variación en el resultado final.

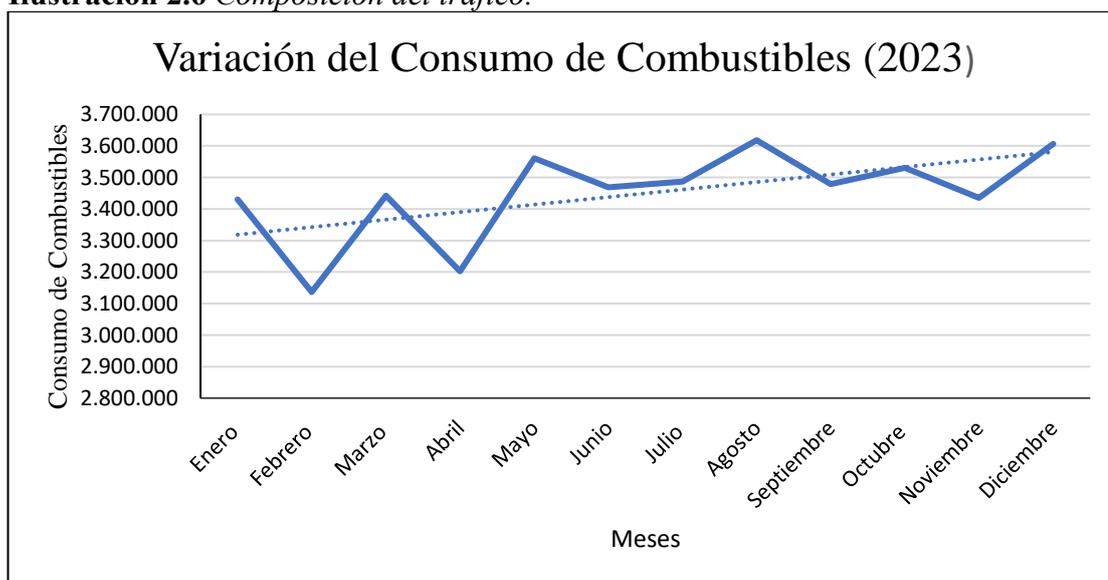
Tabla 2.4 *Tabla de consumo de combustibles.*

Consumo histórico de combustibles por su octanaje				
Informes estadísticos para el Año 2023 (Barriles)				
Mes	Combustibles			Sumatoria
	Eco país (87 Octanos)	Super (92 Octanos)	Diesel Premium	
Enero	1.240.082	101.711	2.088.128	3.429.921
Febrero	1.149.412	94.951	1.892.174	3.136.537
Marzo	1.227.432	96.700	2.118.136	3.442.268
Abril	1.153.027	88.773	1.960.219	3.202.019
Mayo	1.267.688	123.343	2.170.357	3.561.388
Junio	1.232.908	122.498	2.112.837	3.468.243
Julio	1.259.625	127.630	2.099.396	3.486.651
Agosto	1.284.611	130.592	2.202.937	3.618.140
Septiembre	1.233.902	91.422	2.153.136	3.478.460
Octubre	1.241.477	75.830	2.212.771	3.530.078
Noviembre	1.208.737	71.517	2.154.706	3.434.960
Diciembre	1.302.589	82.842	2.221.469	3.606.900
Total				41.395.565
Promedio Mensual				3449630,4

Fuente: EPpetroecuador (2024).

La variación del tráfico resultante del consumo de combustibles nos permite entender el comportamiento de los volúmenes vehiculares respecto a los meses del año, relacionando el mismo con el factor de expansión mensual, como se puede observar en la Ilustración 2.6.

Ilustración 2.6 *Composición del tráfico.*



Fuente: Elaboración propia (2024).

Los factores de variación que se determinaron para la vía se muestran en la Tabla 2.5, tomando en cuenta que los factores se los obtuvieron en función de los volúmenes de tráfico levantados, pero en el presente caso se hará uso únicamente del factor semanal y mensual.

Tabla 2.5 Factores de ajuste para TPDA.

Factores de Expansión	
Fh	1.218
Fd	1.016
Fs	1.036
Fm	1.100

Fuente: Elaboración propia (2024).

El TPDA para el año actual del estudio, se lo obtuvo del tráfico promedio diario semanal resultante de la sumatoria de la cantidad de vehículos en cada día de la semana y dividido para los días de la semana del conteo automático, con esto y por el uso de los factores de expansión semanal y mensual, se obtuvo una cantidad de 745 vehículos para un día promedio del año, como se evidencia en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 TPDA actual.

TPDA 2024	
TPDS	653
TPDM	677
TPDA	745

Fuente: Elaboración propia (2024).

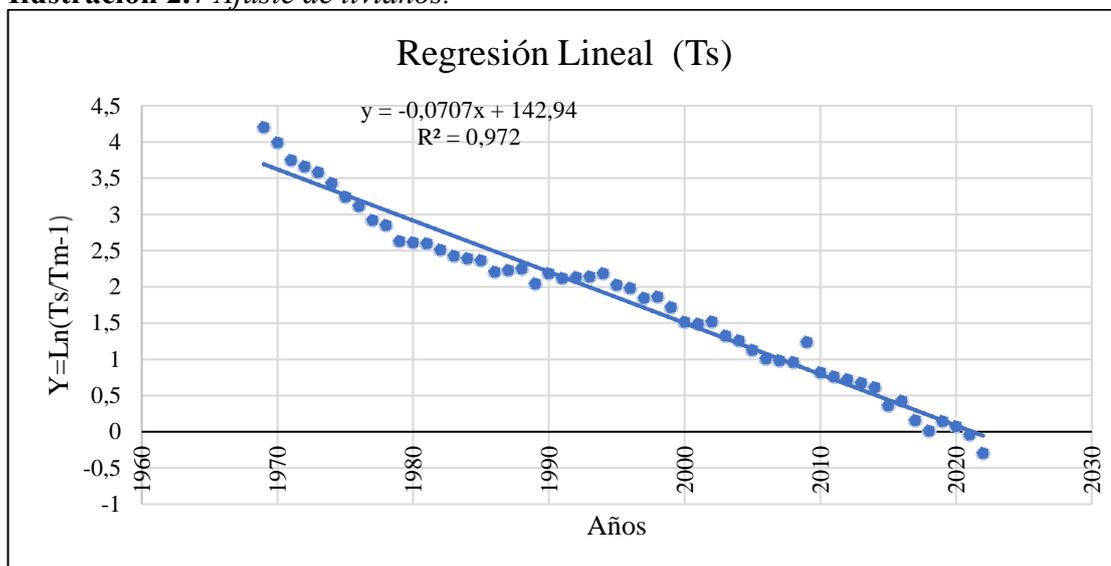
2.1.3 Cálculo de la tasa de crecimiento vehicular

Para la tasa de crecimiento vehicular, se aplicó el método lógit, que al ser un modelo estadístico lineal hace dependencia de las expresiones para las tasas de saturación y motorización vehicular (Ecuaciones 1.1 y 1.2). Esta técnica se ha popularizado en la estimación de viajes y tasas de crecimiento, usando el modelo de regresión lineal para el ajuste de datos y obtención de funciones que sustenten los resultados (Gómez Gómez & Medina Romero, 2018).

La tasa de motorización se expresa como la cantidad de vehículos por cada mil habitantes para cierto año (k), correlacionando la tendencia historia de vehículos matriculados para la provincia del Azuay, para la cual la tasa de motorización es

constante, encontrando una tasa de saturación en donde el coeficiente de regresión sea el máximo, y nos permita tener el mejor ajuste, como se observa en la Ilustración 2.7.

Ilustración 2.7 Ajuste de livianos.



Fuente: Elaboración propia (2024).

La proyección adecuada de las variables del crecimiento vehicular pretende aproximarse a la demanda futura para las distintas tipologías vehiculares encontradas durante el levantamiento y procesamiento de la información, haciendo uso de la información de crecimiento poblacional del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), usando las tasas de motorización y saturación ajustadas para livianos y los datos de crecimiento poblacional para buses y camiones.

Tabla 2.7 Tasas de crecimiento vehicular.

Tasa de Crecimiento Vehicular			
Periodo	Livianos	Buses	Camiones
2023-2025	4.3362%	0.9913%	0.9913%
2025-2030	3.8920%	0.9913%	0.9913%
2030-2035	3.2988%	0.9913%	0.9913%
2035-2040	2.7785%	0.9913%	0.9913%
2040-2045	2.3443%	0.9913%	0.9913%
2045-2050	1.9965%	0.9913%	0.9913%

Fuente: Elaboración propia (2024).

2.1.4 Cálculo del tráfico futuro

En cuanto a la predicción del crecimiento vehicular, se llevó a cabo considerando 20 años de operación de la vía, esto sumado al hecho de que el tiempo para la puesta en marcha y construcción de la infraestructura vial ocupa alrededor de 2 años, tomando

2026 como año base y finalizando en el año 2046, de esto, se determinó el tráfico futuro de diseño por medio de lo establecido en el Libro “Ingeniería de Transito Fundamentos y Aplicaciones”, haciendo uso de la Ecuación 2.1, extraída de la fórmula 8.32 (Cal y Mayor & Cárdenas James, 2018).

Ecuación 2.1 *Tránsito futuro.*

$$T_F = T_A + I_T$$

Donde:

T_F = *Tránsito Futuro*

T_A = *Tránsito Actual*

I_T = *Incremento de Tránsito*

2.1.4.1 Crecimiento normal del tráfico actual

En cuanto al tráfico actual se hace referencia a la cantidad de vehículos que circulan al presente por una vía antes de ser mejorada, adicionando el tráfico desviado desde otras carreteras o medios de transporte (MTO, 2003). En nuestro caso el tráfico actual se lo determina como el resultante del aforo vehicular, usando la fórmula 8.33 (Cal y Mayor & Cárdenas James, 2018), indicada a continuación.

Ecuación 2.2 *Tránsito actual.*

$$T_A = T_E + T_{At}$$

Donde:

T_A = *Tránsito Actual*

T_{At} = *Tránsito Atraído*

T_E = *Tránsito Existente*

En el caso del tráfico atraído o desviado, se lo entiende como aquel que depende de las motivaciones de los usuarios a tomar vías alternas para mejorar sus tiempos de viaje, sin alterar sus destinos, velocidad, distancia, entre otros (Cal y Mayor & Cárdenas James, 2018). En nuestro caso se hace uso de las recomendaciones por parte de la AASTHO tomando un valor de 6%.

Ecuación 2.3 *Tránsito atraído.*

$$T_{At} = (6\%) \times T_A$$

2.1.4.2 Incremento del tráfico

Se lo entiende como el volumen de tráfico esperado para la carretera, por lo cual se lleva a cabo la proyección del TPDA actual con factores que dependen de la población, crecimiento normal del tránsito, la producción, entre otros (MTO, 2003); para el análisis de tráfico se ocupó la fórmula 8.34 (Cal y Mayor & Cárdenas James, 2018), de donde se usa la siguiente expresión.

Ecuación 2.4 *Incremento del tránsito.*

$$IT = CNT + TG + TD$$

Donde:

$IT =$ *Incremento del Tránsito*

$CNT =$ *Crecimiento normal del Tránsito*

$TG =$ *Tránsito Generado*

$TD =$ *Tránsito Desarrollado*

Entendiendo al tránsito generado como el incremento en el número de viajes que se pueden dar en caso de que se lleven a cabo las mejoras en la vía, dependiente del tráfico inducido, convertido y trasladado (Cal y Mayor & Cárdenas James, 2018); para este caso la Normativa Nacional recomienda tomar valores del 20%, en el incremento del tránsito normal.

Ecuación 2.5 *Tránsito generado.*

$$TG = (5\% - 25\%) \times T_A$$

El tránsito por desarrollo se entiende como el incremento causado por la incorporación de nuevas áreas de producción en la zona donde se emplazará el proyecto vial (MTO, 2003), por ende, hacemos uso de un incremento del 7% respecto al tráfico actual, esto en base a recomendaciones de la AASHTO.

Ecuación 2.6 *Tránsito desarrollado.*

$$TD = (5\% - 8\%) \times T_A$$

En cuanto al crecimiento normal del tránsito (CNT), se lo define como el incremento en el volumen vehicular por el uso normal es por ello que lo relacionamos con las proyecciones en base a las tasas de crecimiento poblacional (MTO, 2003). En este caso se hizo uso de las tasas de crecimiento determinadas por el Método Lógit y su

aplicación en la Ecuación 2.7, extraída de la fórmula III-4 de la MTOP (2003); para llegar a determinar el tráfico futuro resultante.

Ecuación 2.7 Tráfico resultante.

$$CNT = T_A \times (1 + i)^n$$

Donde:

CNT = Crecimiento normal del Tránsito

T_A = Tránsito Actual

i = Tasa de crecimineto Anual

n = Número de años entre el año base y el proyectado

De las tasas del crecimiento vehicular podemos llegar a estimar la cantidad de vehículos para cada tipología dados los años que contempla el diseño vial, y en base al mismo llegar a estimar el tráfico futuro, como se observa en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 TPDA quincenal.

TPDA Quincenal					
Periodo		Livianos	Buses	Camiones	Total
2023		676	14	55	745
2023	2025	736	14	56	806
2025	2030	891	15	59	965
2030	2035	1048	16	62	1126
2035	2040	1202	17	65	1284
2040	2045	1350	18	68	1436
2045	2046	1377	18	69	1464

Fuente: Elaboración propia (2024).

La Tabla 2.9 y 2.10 representa el tráfico actual y futuro, respectivamente, en base a las consideraciones de crecimiento del tráfico, tránsito generado, desarrollado y atraído para los vehículos livianos, cabe resaltar que el proceso se lo llevo de manera similar para buses y camiones, con el objeto de determinar el TPDA resultante de la sumatoria para las proyecciones del año horizonte en las tres tipologías usadas para el TPDA quincenal.

Tabla 2.9 Tráfico actual.

Tráfico Actual	
Trafico Atraído (Tat)	41
Tráfico Existente (TE)	676
Tráfico Actual (TA)	717

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 2.10 *Tráfico futuro.*

Tráfico Futuro			
Crecimiento Normal del Tráfico (CNT)	2023	717	0
	2025	781	64
	2030	945	228
	2035	1111	394
	2040	1274	557
	2045	1430	713
	2046	1459	742
Tránsito Generado (TG)		143	
Tránsito Desarrollado (TD)		50	
Incremento del Tránsito (IT)		935	
Factor de Proyección (FP)		2.304	
Tráfico Futuro (TF)		1652	

Fuente: Elaboración propia (2024).

Finalmente, se obtiene la cantidad esperada de vehículos en la vía de la sumatoria del tráfico futuro para livianos, buses y camiones para periodo de 20 años, que será adoptado para la clasificación vial y los diseños geométricos y de pavimentos.

$$TPDA_{\text{Diseño}} = 1763 \text{ vehículos}$$

2.1.5 Clasificación de la vía en función del tráfico proyectado

En primera instancia se realiza una clasificación en base al TPDA proyectado para los años de funcionamiento de la vía, usando la clasificación del Ministerio de Transporte y Obras Públicas en base al TPDA, mediante la Tabla 2.11, no obstante, en base a la información levantada y resultados obtenidos, se opta por un cambio en la tipología vial.

De los estudios de tráfico y datos levantados en campo, para la vía Cesar Andrade, se respetará la jerarquía vial de la red estatal nacional y a nivel de ciudad, dado que se ha evidenciado un predominio de las residencias y comercios pequeños, para lo cual se considera una vía de tipo local o de Clase R-IV, entendida con un solo carril en ambos sentidos de circulación y un menor número de atracción de viajes, en comparación a carreteras con mayor jerarquía.

Tabla 2.11 Clasificación en función del tráfico proyectado.

CLASIFICACIÓN DE LAS CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Mas de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100

Fuente: Cuadro III-1 de la MTOP (2003).

2.1.6 Clasificación de la vía según su jerarquía

Dicha clasificación pretende normalizar la vía dentro de la jerarquía de la red vial cantonal, ya que en dependencia de esto se llevará a cabo un diseño acorde a las características funcionales y geométricas para el tráfico del año horizonte, para ello hace uso de las consideraciones descritas en la Tablas 2.12.

Para la vía Cesar Andrade y Cordero, se determinó que se trata de una vía local dentro de un entorno urbano, con una funcionalidad Vecinal (C3), equivalente a un Camino Agrícola/ Forestal.

Tabla 2.12 Clasificación funcional MTOP.

Función		Clase de carretera (MTOP)	TPDA (Año final de diseño)
Corredor Arterial		RI - RII	> 8000
		I	3000 - 8000
Colectora		II	1000 - 3000
		III	300 - 1000
Vecinal		IV	100 - 300
		V	< 100

Fuente: Cuadro III-2 de la MTOP (2003).

2.2 Estudio topográfico

2.2.1 Levantamiento topográfico

Como parte integral del diseño vial, se encuentra el levantamiento de precisión de expresión numérica que permitirán la confección y replanteo del proyecto por medio de escalas, cotas y coordenadas (NEVI-12 - MTOP, 2013).

Para el estudio la representación de la vía se realizó por el levantamiento en campo de los distintos puntos haciendo uso del método de poligonación planimétrica y trasporte de coordenadas altimétricas empleando puntos de referencia a lo largo de la longitud efectiva de la vía.

El levantamiento topográfico se desarrolló haciendo uso de una estación total, justificando el uso en agilizar la recopilación de datos como elevaciones, coordenadas UTM, distancias totales y características propias de la vía, así como el estado, alineamiento actual y aquellos parámetros que podrían tener influencia en el diseño geométrico.

En complemento del levantamiento y buscando aumentar el detalle, se realizó un abscisado cada 10 metros por el uso de una cinta métrica y pintura de esmalte para marcar los extremos de la vía, esto permitió obtener 1373 puntos levantados, entre los cuales tenemos cambios de estación y 6 puntos georreferenciados mediante RTK, evitando el acareo de errores propios de la estación total, mejorando la precisión en cuanto a coordenadas, distancias y elevación.

Ilustración 2.8 *Equipo para levantamiento topográfico.*



Nota: En la imagen izquierda se adjunta el equipo utilizado en el levantamiento, por otro lado, la imagen central busca presentar una vista de la vía y el prisma para la toma de puntos, finalmente la imagen izquierda evidencia la medición (cinta) y marcas de la vía para el levantamiento.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Los puntos georreferenciados se dispusieron en pares, respaldado en la Tabla 2.13, los primeros dos puntos se encontraban al frente de la Iglesia San José de Balzay, los dos siguientes se encontraron en una cancha a 1 km en sentido Norte de la iglesia San José

de Balzay y los dos últimos puntos, en las casas esquineras de la intersección con la vía Manuel de la Cruz y Piedra.

Ilustración 2.9 Ubicación puntos georreferenciados.



Nota: En la ilustración izquierda se muestra la vista en planta de los dos primeros pares de clavos referenciados (Iglesia), en la imagen central los siguientes pares de clavos (Cancha), y finalmente en la imagen izquierda los dos últimos pares de clavos (Intersección).

Fuente: Elaboración propia (2024).

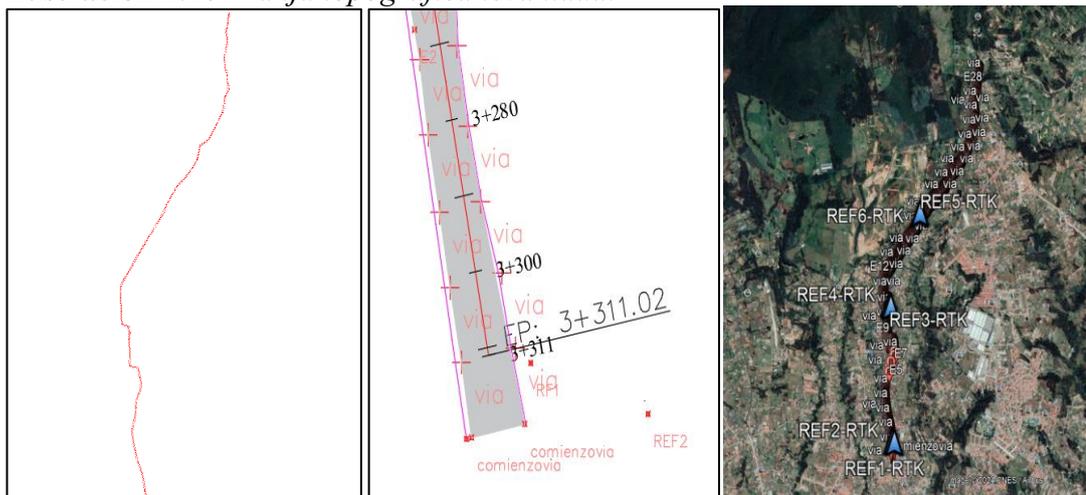
Tabla 2.13 Puntos georreferenciados.

Puntos de Referencia RTK			
Descripción	Norte	Este	Elevación
REF1-RTK-IGLESIA	9681962.7	717301.01	2706.663
REF2-RTK-IGLESIA	9681956.1	717320.009	2706.47
REF3-RTK-CANCHA	9682970.4	717184.293	2772.466
REF4-RTK-CANCHA	9682961.5	717183.786	2772.48
REF5-RTK-CRUCES	9683691.9	717410.635	2816.85
REF6-RTK-CRUCES	9683682.5	717404	2816.602

Fuente: Elaboración Propia (2024).

2.2.2 Representación geométrica

Una vez realizado el levantamiento de toda la vía de diseño se procede a exportar en un archivo .CSV, los datos de la estación total a una USB, este archivo se exporta al software AutoCAD - Civil 3D, en donde se ingresa el formato en el cual se encuentran los puntos; estos puntos nos permiten realizar una alineación horizontal para conocer las variaciones del ancho de la calzada, las distintas altitudes que se presentan en la vía y empezar el diseño geométrico.

Ilustración 2.10 Franja topográfica levantada.

Nota: La representación izquierda busca mostrar la vista en planta de los puntos levantados en campos, en cambio, la imagen central muestra los puntos conjuntamente con el trazado geométrico inicial y sus abscisas, por último, la imagen derecha, presenta la ubicación de los puntos y sus referencias en el mapa (Google Earth).

Fuente: Elaboración propia (2024).

2.3 Estudios de suelos

El estudio de suelos implica la exploración de la subrasante natural de la vía, para la toma de muestras y ensayos de laboratorio, que permitan conocer la respuesta que tendrá el terreno hacia las cargas de tráfico esperadas, siendo menester para el diseño de la estructura del pavimento y caracterización geotécnica.

2.3.1 Extracción de calicatas

Entendiéndose por calicata a una técnica común para la extracción y reconocimiento de las propiedades físicas de un suelo, la ejecución de proceso se basó en las consideraciones de la normativa nacional, realizando calicatas en tramos de 500 metros de separación en los 3.3 km efectivos de vía.

La contabilización de las calicatas se realizó desde los tramos más elevados, con un total de 6 calicatas, de donde se extrajeron muestras de suelo a una profundidad de 1.50 metros, manteniendo un área superficial de 1 metro cuadrado, en nuestro caso la excavación se la realizó por medio de maquinaria para agilizar el proceso de toma de muestras a distintas profundidades y su posterior transporte a los laboratorios de suelos, facilitados por parte de la universidad para los ensayos.

Ilustración 2.11 *Extracción de calicatas.*



Nota: La imagen izquierda evidencia la maquinaria empleada para la excavación, la imagen central el resultado de la excavación realizada y la distribución de perfiles de suelo (visualmente), la imagen derecha representa la información tomada para ubicar las muestras.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Respecto al almacenamiento, se buscó sitios exentos de luz solar directa y el empleo de bolsas impermeables para mantener la humedad natural, procurando llevar a cabo los ensayos de manera inmediata y conforme a los parámetros emitidos por distintas normativas aplicables.

En cada excavación realizada se tomaron datos para ubicar las calicatas y relacionar el material encontrado con las características del suelo típicas para la zona de la ciudad, asociándolo con los distintos ensayos realizados, como se muestra en la Tabla 2.14.

Tabla 2.14 *Ubicación puntos para la extracción de calicatas.*

Coordenadas Calicatas					
Descripción		UTM			
# Calicata	ABS	Este	Norte	Zona	Elevación
1	0+000	717871.62	9684906.23	17M	2896
2	0+500	717825.43	9684310.69		2870
3	1+000	717433	9683755		2816
4	1+500	717209	9683396		2805
5	2+000	717172.48	9682906.31		2770
6	2+500	717218	9682550		2747

Fuente: Elaboración Propia (2024).

2.3.2 Estudios de laboratorio

De las muestras obtenidas en campo se busca identificar las propiedades físico-mecánicas del suelo, así como su relación para los distintos ensayos y resultados, que sirvan de complemento al diseño de las capas de rodadura.

En cuanto a la normativa aplicable, en este apartado se usan las normas AASHTO Y ASTM, refiriéndose a las guías metodológicas para los estudios de los suelos que permiten identificar las propiedades y clasificar las muestras de suelos, llevándose a cabo los siguientes ensayos:

- Contenido de humedad
- Análisis Granulométrico
- Limite líquido
- Limite Plástico
- Índice de Plasticidad
- Proctor modificado
- CBR

2.3.2.1 Contenido de humedad

En la determinación del contenido de humedad de la muestra de suelo extraída in situ, se hace uso de la metodología indicada por la ASTM D854, realizándose el cuarteo y el pesaje de una muestra de 500 gr de suelo húmedo, para su posterior secado en horno a 105° por 24 horas, este proceso fue iterativo para los 18 especímenes de suelo, que una vez secos, se determinó el contenido de humedad, cuyos valores se muestran a continuación.

Tabla 2.15 *Contenido de humedad.*

# Calicata	Contenido de humedad (%)		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1	8.93	7.76	18.76
2	25	16.82	17.65
3	14.68	15.74	17.92
4	32.98	32.63	35.14
5	56.25	55.76	67.79
6	24.38	26.9	26.26

Fuente: Elaboración propia (2024).

2.3.2.2 Análisis granulométrico

Para lograr determinar la distribución y tamaño de las partículas del suelo, hacemos uso de lo indicado en la norma ASTM D422, siendo este, un ensayo que sirve de base para los siguientes, para lo cual se realizó el lavado y secado de 1kg de cada muestra para realizar el análisis, seleccionando los tamices N° 3, 2, 1 ½, 1, ¾, ½, 3/8, 4, 10, 16, 30, 40, 50, 100, 200 y recipiente de fondo, cuidando el mantener las muestras libres de impurezas o restos orgánicos.

Las muestras se tamizaron mecánicamente por un lapso de 5 minutos, para su posterior pesado, reservando las muestras representativas para otros ensayos; finalmente se puede obtener la masa acumulada y porcentaje retenido en las distintas aperturas, con ello se obtiene la representación gráfica de la franja granulométrica relacionando el porcentaje pasante y el tamaño del agregado.

Ilustración 2.12 Tamizado y secado.

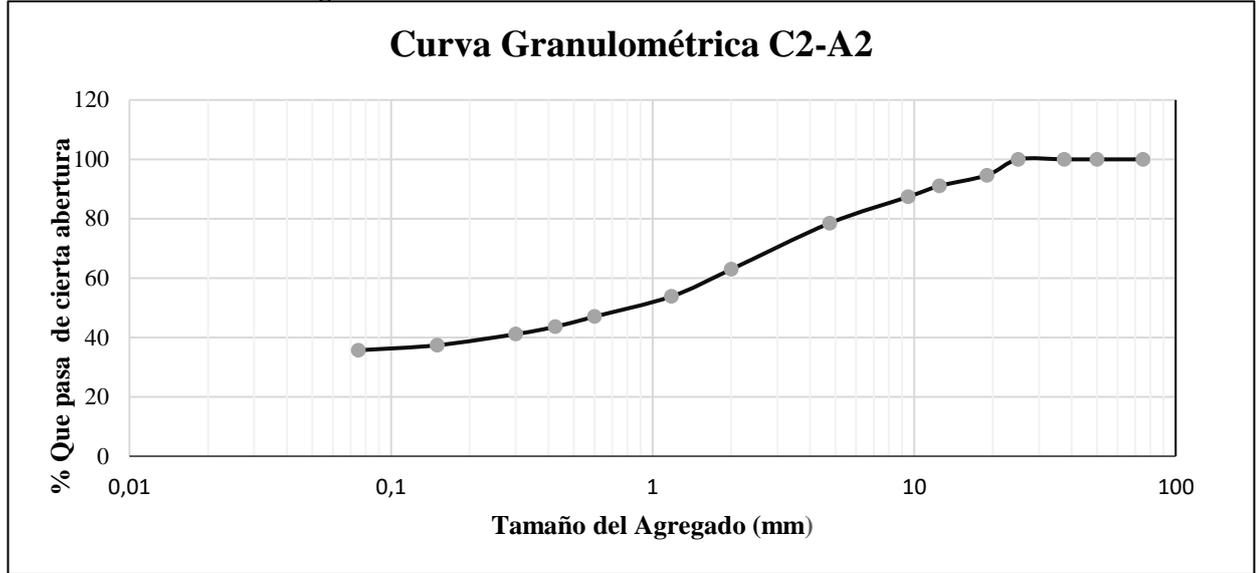


Nota: Para la imagen izquierda se evidencia el proceso de secado de las muestras en el horno, la intermedia ilustra el tamizado mecánico, con los tamices descritos; por último, la imagen derecha muestra el restante de finos en el suelo, para ensayos posteriores.

Fuente: Elaboración propia (2024).

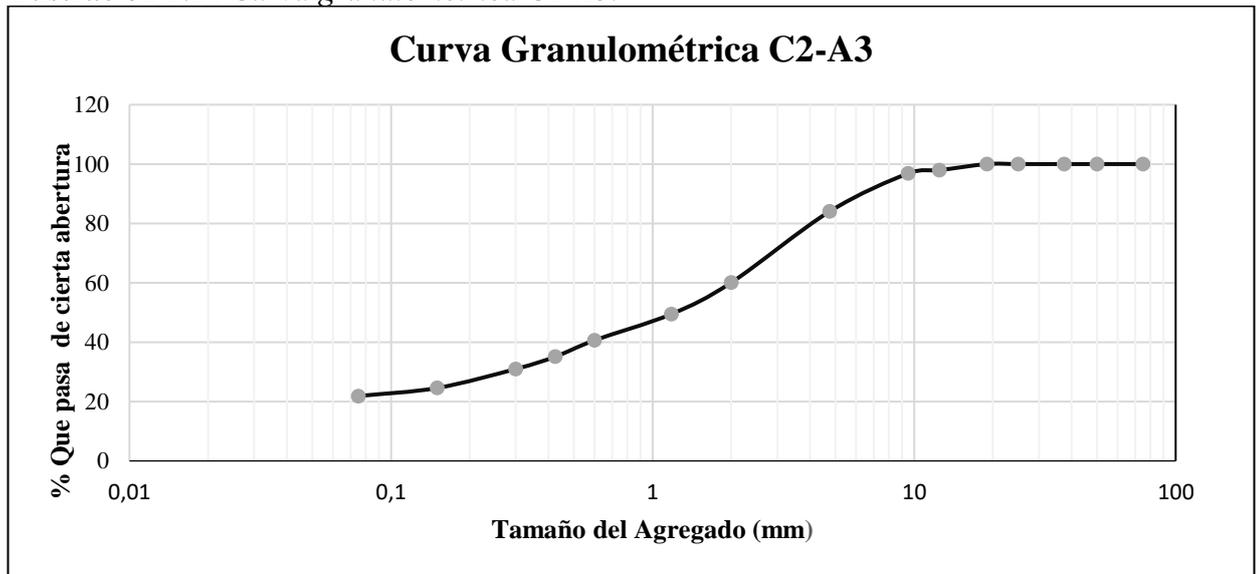
En base a los datos obtenidos, referido a porcentaje gravas, finos y arenas se caracterizan cada una de las muestras según la clasificación SUCS y AASHTO, tomando esta última como determinante de la calidad de suelo y su uso para el ámbito vial; obteniendo 12 muestras entendidas como un suelo arcilloso A-7, correspondiente a las calicatas 3, 4, 5 y 6, por otro lado, en las 6 muestras restantes se obtiene un suelo arcilloso con gravas A-2. Los resultados de las 18 muestras ensayadas se muestran en el Anexo II, mostrando a continuación las curvas granulométricas resultantes para las calicatas 2 y 3.

Ilustración 2.13 Curva granulométrica C2-A2.



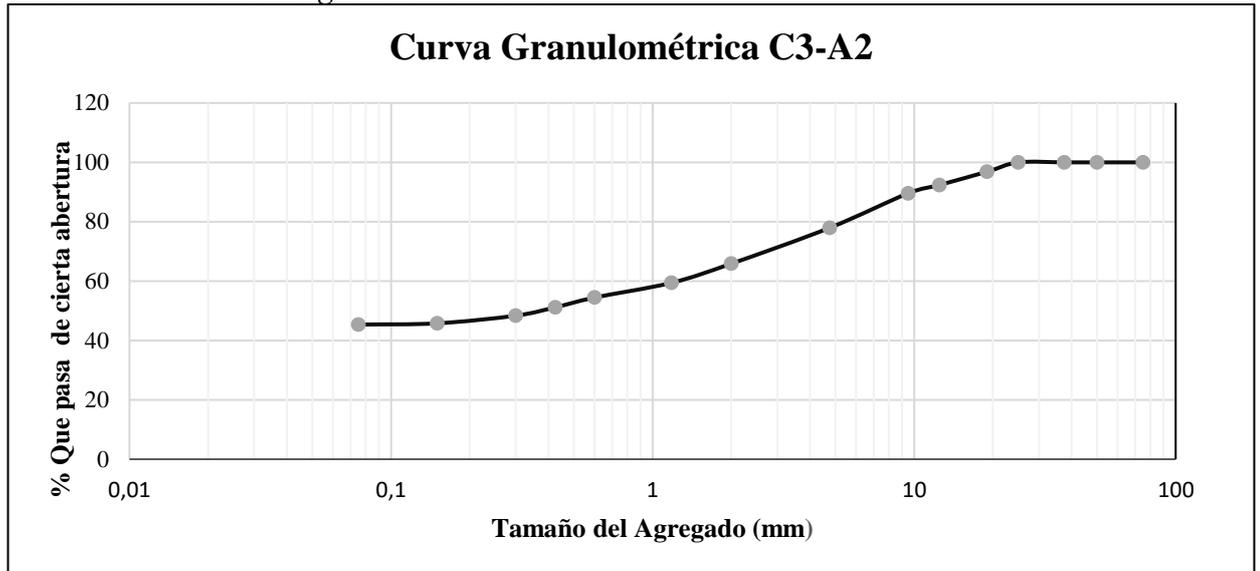
Fuente: Elaboración propia (2024).

Ilustración 2.14 Curva granulométrica C2-A3.



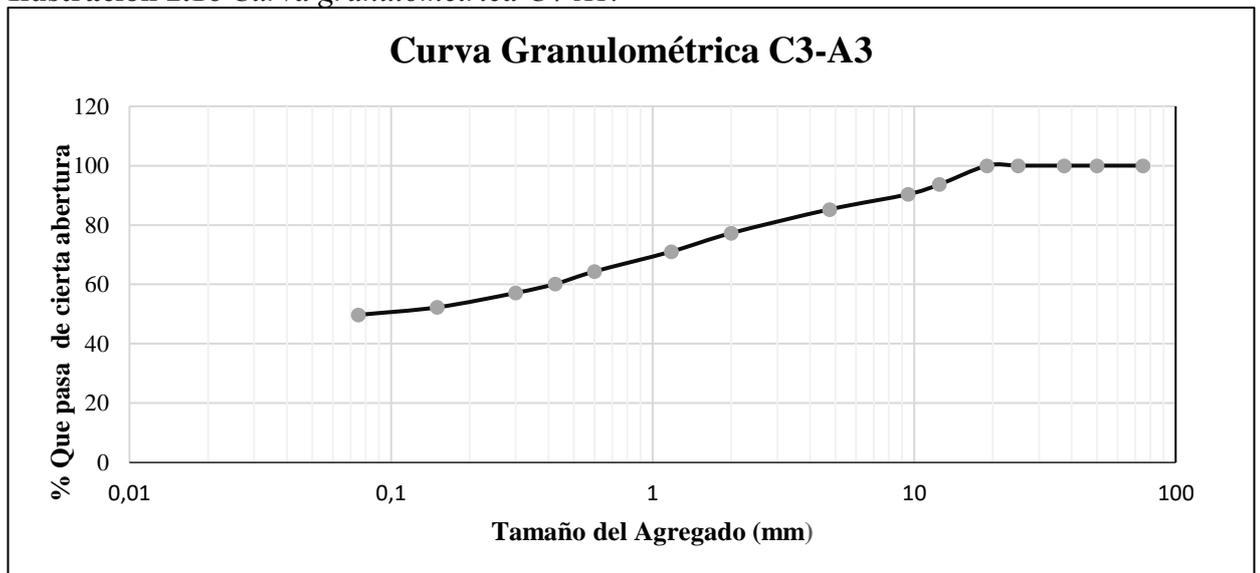
Fuente: Elaboración propia (2024).

Ilustración 2.15 Curva granulométrica C3-A2.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Ilustración 2.16 Curva granulométrica C4-A1.



Fuente: Elaboración propia (2024).

2.3.2.3 Limite líquido

Para determinar el límite líquido nos referimos al ensayo ASTM D4318, utilizando las muestras de suelo pasante del tamiz N°40 y la Copa de Casa Grande, agregando cierto contenido de humedad a la muestra, corrigiendo el contenido de agua en cada ensayo para lograr obtener muestras por debajo y encima de los 25 golpes, con esto la muestra se seca por 24 horas, resultando en el peso seco y el respectivo contenido de humedad. Finalmente se grafica e interpolan el límite líquido obtenido, la Tabla 2.16 muestra un resumen de los valores característicos.

Ilustración 2.17 *Ensayo para determinar el límite líquido.*



Nota: La imagen de la izquierda la separación de las muestras por estrado y apertura de tamiz, la imagen central, por otro lado, muestra el equipo utilizado para los ensayos; por último, la imagen derecha nos muestra el aparato de Casa Grande, y la muestra preparada para el ensayo.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 2.16 *Límite líquido.*

N° Calicata	Límite Líquido (%)		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1	24	30	37
2	50	50	42
3	45	47	40
4	69	63	67
5	72	77	93
6	46	43	43

Fuente: Elaboración propia (2024).

2.3.2.4 Límite plástico

El límite plástico se lo obtuvo de manera conjunta al límite líquido, por ende, se toma la misma muestra pasante del tamiz N°40 y se varía el contenido de humedad, con esta muestra se realiza rollos cilíndricos en una base de vidrio hasta alcanzar un espesor de 3mm, presentando una grieta visible perpendicular y transversalmente. Secando la muestra en un horno por 24 horas a 105°C, para obtener el peso del suelo seco y contenido de humedad resultante de la contracción de la masa de suelo.

Ilustración 2.18 *Ensayo para determinar el límite plástico.*



Nota: En la figura izquierda se muestra el ensayo de límite plástico ensayado, de manera similar la imagen central corresponde al pesado de la muestra húmeda en la balanza, por último, se muestran las muestras resultantes después del secado para ser pesadas en la balanza.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 2.17 *Límite plástico.*

N° Calicata	Límite Plástico (%)		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1	11.00	20.00	28.00
2	30.00	27.00	23.00
3	33.00	28.00	36.00
4	29.00	35.00	26.00
5	38.00	39.00	25.00
6	22.00	21.00	14.00

Fuente: Elaboración propia (2024).

El índice de plasticidad relaciona los resultados del límite líquido y límite plástico, como la diferencia de estos, siendo este factor necesario para determinar la clasificación del suelo, así como la cohesividad o plasticidad del suelo ensayado, en la Tabla 2.18 se muestra los resultados obtenidos para índice de plasticidad para las 6 calicatas.

Tabla 2.18 *Índice de plasticidad.*

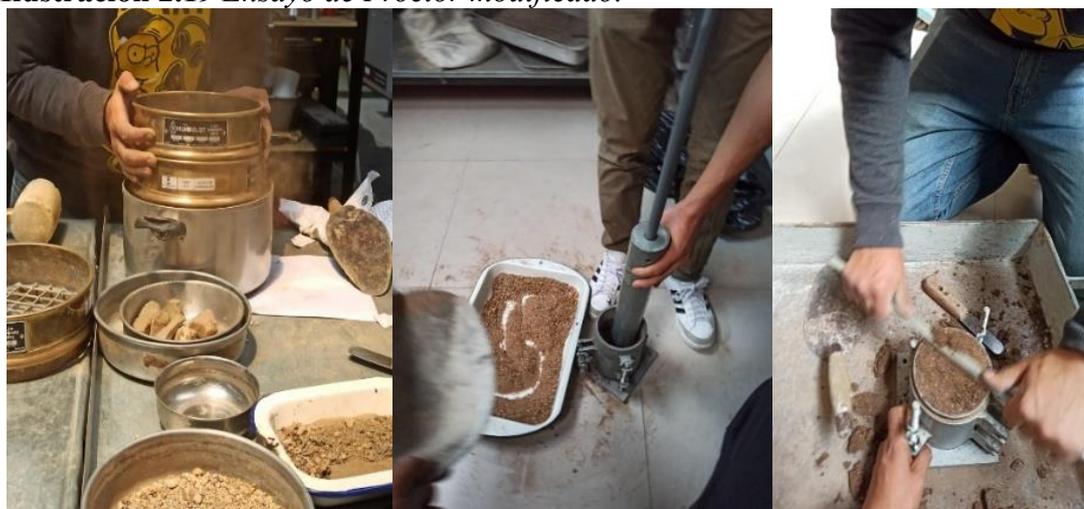
N° Calicata	Índice Plástico (%)		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
1	13.00	10.00	9.00
2	20.00	23.00	19.00
3	12.00	19.00	4.00
4	40.00	28.00	41.00
5	34.00	38.00	68.00
6	24.00	22.00	29.00

Fuente: Elaboración propia (2024).

2.3.2.5 Proctor modificado

En este caso se hace uso de las especificaciones y moldes para Proctor Modificado descritas en la ASTM D 1557, para esto se utilizó la muestra del suelo secada al ambiente por una semana y así obtener la densidad seca máxima que servirá de base para el ensayo de La Capacidad de Soporte de California (CBR, por sus siglas en ingles), variando el contenido de humedad en el ensayo con valores de 8, 12, 16, 20 y 25 %.

Ilustración 2.19 *Ensayo de Proctor modificado.*

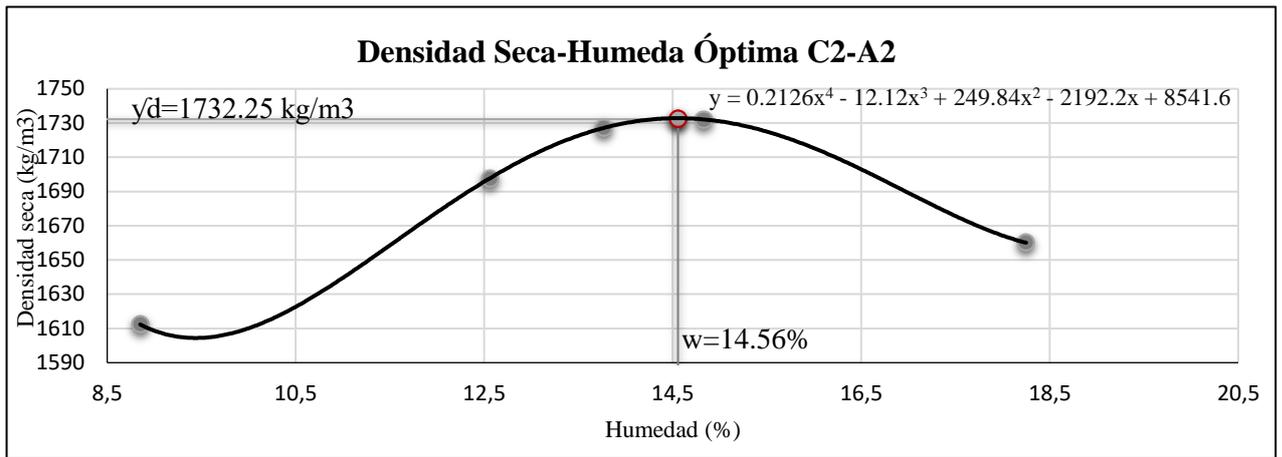


Nota: La primera imagen izquierda corresponde al proceso de tamizado previo al ensayo. La imagen intermedia corresponde al proceso de ensayo con el molde y contenido de humedad variable, la imagen derecha, muestra el enrasado del molde para ser pesado y toma de muestras.

Fuente: Elaboración propia (2024).

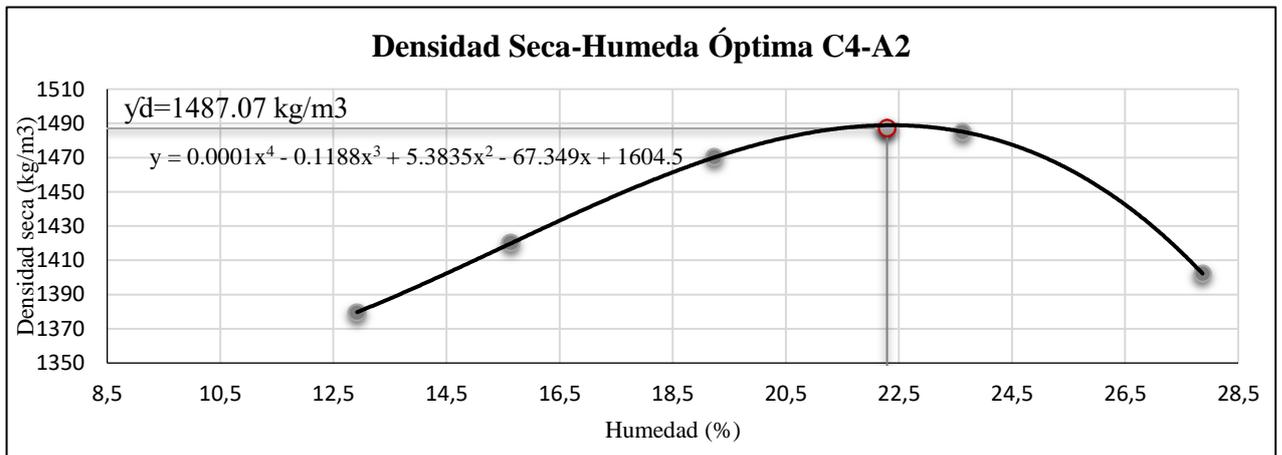
A continuación, empleando la compactación con una masa normada y variación del contenido de humedad, se ilustra la curva que relaciona la densidad seca y contenido de humedad de las muestras, de las que se descartó el primer estrado y usando aquellos con una profundidad igual o mayor a un metro. En las calicatas 2, 4 y 6, se hace uso de los resultados obtenidos para determinar el CBR característico para un suelo granular y dos de tipo arcilloso.

Ilustración 2.20 Densidad seca-Humedad óptima C2-A2.



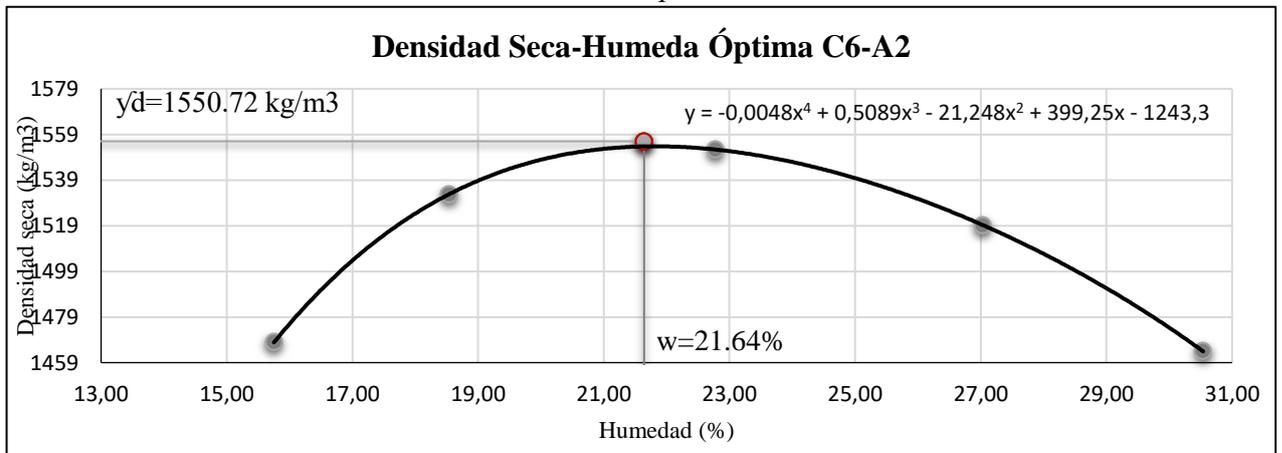
Fuente: Elaboración propia (2024).

Ilustración 2.21 Densidad seca-Humedad óptima C4-A2.



Fuente: Elaboración propia (2024).

Ilustración 2.22 Densidad seca-Humedad óptima C6-A2.



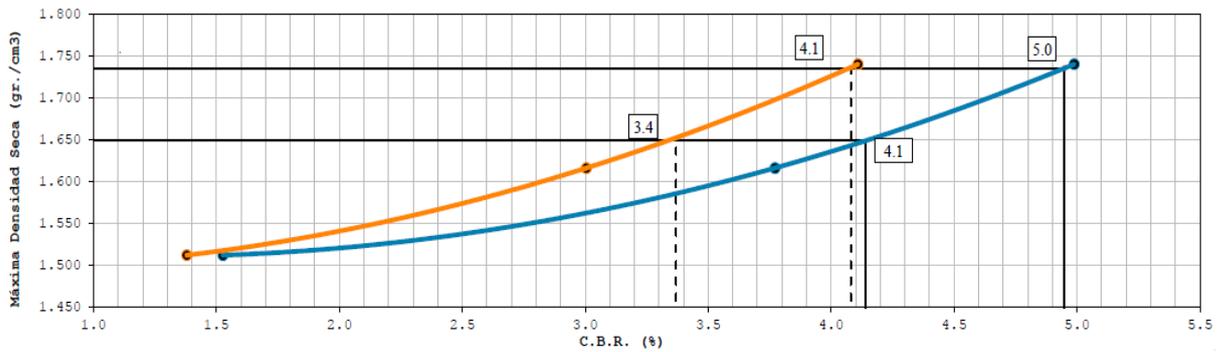
Fuente: Elaboración propia (2024).

2.3.2.6 CBR

El ensayo, mencionado en la ASTM D 1883-73 requiere de 15 kg que debe ser secado naturalmente para pasar ha se realiza el ensayo del Proctor modificado con la humedad óptima, obteniendo así su máxima densidad seca; requiriendo de 3 moldes para lograr el ensayo.

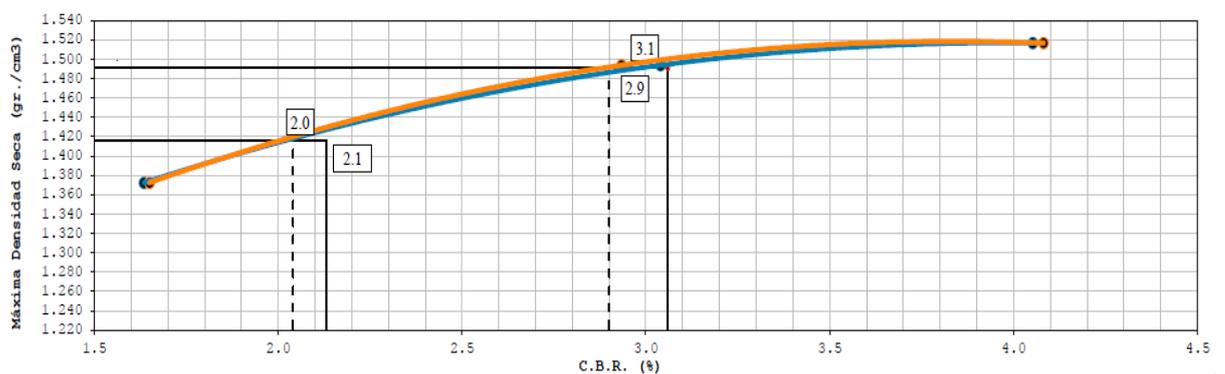
Una vez realizado el Proctor Modificado, se procede al ensayo de CBR colocando cierto peso sobre la muestra de suelo compactada, después, se sumerge en el molde buscando saturar la muestra con agua 4 días y medir la expansión que adquiere, obteniendo así los puntos de la gráfica; mostrando la relación gráfica entre la máxima densidad seca y el % de CBR resultante para las calicatas 2, 4 y 6, respectivamente. En la tabla 2.19 se muestra el resumen de los porcentajes resultantes.

Ilustración 2.23 Gráfica de CBR C2-A2.



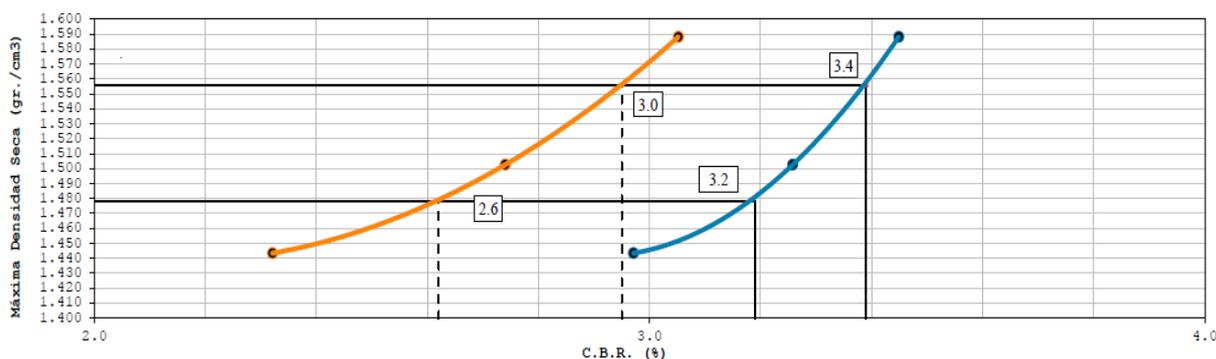
Fuente: Laboratorio de suelos, asfaltos y hormigón InGeotec (2024).

Ilustración 2.24 Gráfica de CBR C4-A2.



Fuente: Laboratorio de suelos, asfaltos y hormigón InGeotec (2024).

Ilustración 2.25 Gráfica de CBR C6-A2.



Fuente: Laboratorio de suelos, asfaltos y hormigón InGeotec (2024).

Tabla 2.19 Resultados CBR.

Resultados CBR		
# Calicata	Abscisa	CBR (95% M.D.S.) 0.1"
Segunda	0+500	4.14%
Cuarta	1+500	2.13%
Sexta	2+500	3.19%

Fuente: Elaboración propia (2024).

2.3.2.7 Estratigrafía

Como resultado de este capítulo, se obtuvieron los perfiles estratigráficos de cada calicata, destacando aquellas en las cuales se realizaron los ensayos descritos anteriormente, permitiendo conocer la estructura natural del suelo a sus distintas profundidades, así como las propiedades y resultados de los distintos ensayos realizados, para la caracterización del terreno sobre el cual se emplazará el diseño vial.

Tabla 2.20 Información segunda calicata (C2).

Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma		
Ubicación del Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador		
Material:	Subrasante Natural		
Código del proceso:	--	Profundidad (m):	1.5
Calicata:	Segunda	Norte:	9684323.58 m
# de Muestra:	A-2 A-3	Este:	717832.195 m
Abscisa:	0+500	Cota:	2860.735 ms.n.n.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 2.21 Datos del estudio de suelo segunda calicata (C2).

Profundidad (cm)	Perfil	%wn	LL	LP	IP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	DESCRIPCION	SUCS	AASHTO	REGISTRO FOTOGRAFICO
5									Doble tratamiento bituminoso			
20									Relleno granular, color gris			
50		25	50	30	20	23.87	43.21	32.92	Arena arcillosa con grava	SC	A-2-7	
60									Arena arcillosa con grava	SC	A-2-7	
80									Arena arcillosa con grava	SC	A-2-7	
100		16.82	50	27	23	21.52	43.1	35.38	Arena arcillosa con grava	SC	A-2-7	
120									Arena arcillosa con grava	SC	A-2-7	
140									Arena arcillosa con grava	SC	A-2-7	
150		17.65	42	23	19	15.97	62.76	21.27	Arena arcillosa con grava	SC	A-2-7	

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 2.22 Información cuarta calicata (C4).

Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma		
Ubicación del Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador		
Material:	Subrasante Natural		
Código del proceso:	--	Profundidad (m):	1.5
Calicata: # de	Cuarta	Norte:	9683396 m
Muestra:	A-2 A-3	Este:	717209 m
Abscisa:	1+500	Cota:	2805 ms.n.n.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 2.23 Datos del estudio de suelo cuarta calicata (C4).

Profundidad (cm)	Perfil	wn	LL	LP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	Descripción	SUCS	AASHTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
5		--	--	--	--	--	--	Doble tratamiento superficial bituminoso	--	--	
20		--	--	--	--	--	Relleno granular, color gris	--	--		
50		32.98%	69	29	3.06	31.34	65.6	Arcilla densa arenosa	CH	A-7-6	
60											
80		32.63%	63	35	22.36	22.42	55.22	Arcilla densa arenosa con grava	CH	A-7-5	
100											
120											
140		35.14%	67	26	13.56	24.17	62.27	Arcilla densa arenosa	CH	A-7-6	
150											

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 2.24 Información sexta calicata (C6).

Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero		
Ubicación del Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador		
Material:	Subrasante Natural		
Código del proceso:	--	Profundidad (m):	1.5
Calicata: # de Muestra:	Sexta A-2 A-3	Norte:	9682543 m
Abscisa:	2+500	Este:	717218 m
		Cota:	2742.982 ms.n.n.

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 2.25 Datos del estudio de suelo sexta calicata (C6).

Profundidad (cm)	Perfil	% wn	LL	LP	IP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	DESCRIPCIÓN	SUCS	AASHTO	REGISTRO FOTOGRAFICO
5									Doble tratamiento superficial bituminoso			
20									Relleno granular, color gris			
50		24.38	46	22	24	9.38	15.82	74.8	Arcilla ligera arenosa	CL	A-7-6	
60												
80		26.9	43	21	22	2.65	16.38	80.97	Arcilla ligera arenosa	CL	A-7-6	
100												
120												
140		26.26	43	14	29	8.8	43.9	47.3	Arcilla ligera arenosa	CL	A7-6	
150												

Fuente: Elaboración propia (2024).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO GEOMÉTRICO

3.1 Diseño geométrico horizontal

3.1.1 Proyección horizontal

Para realizar la proyección de la vía se respetó el alineamiento horizontal ya existente, debido a que se encuentran casas ya establecidas alrededor de la misma, por ende, se decidió minimizar los cambios en los radios de ciertas curvas para que de este modo el trazado se asemeje a la calzada ya delimitada y así evitar un mayor gasto en su construcción. También, con la ayuda de la línea de fabrica se implantaron ciertas soluciones en el trazado de la misma; según la clasificación jerárquica de la vía, de donde se obtiene la velocidad de diseño que influye en los cálculos del alineamiento horizontal, en los cuales constan los radios de curva, tangentes, gradientes de curvatura, y sobrecanchos.

3.1.2 Calzada

En base a nuestra clasificación según la función jerárquica se estableció a la vía de tipo vecinal (IV), ya que se trata de una vía local en un entorno urbano. A continuación, se detalla el ancho de calzada, velocidad de diseño, pendiente máxima y periodo de diseño según la MTOP (2003) para un terreno ondulado, considerando un ancho de calzada de 6m para la clase de vía, Tabla 3.1.

Tabla 3.1 *Tabla de anchos de calzada.*

Anchos de Calzada		
Clase de Carretera	Ancho de la Calzada (m)	
	Recomendable	Absoluto
R-I o R-II > 8000 TPDA	7.3	7.3
I 3000 a 8000 TPDA	7.3	7.3
II 1000 a 3000 TPDA	7.3	6.5
III 300 a 1000 TPDA	6.7	6
IV 100 a 300 TPDA	6	6
V Menos de 100 TPDA	4	4

Fuente: MTOP (2003).

3.1.3 Velocidad de diseño

Para designar la velocidad de diseño se considera la Tabla 3.2, que contiene valores de velocidad recomendada y absoluta para un terreno de tipo ondulado, pero en función de acoplarse a las curvas que se encuentra establecidas en la vía y restricción por parte de las viviendas, se optó por asemejarse más a la velocidad absoluta, obteniendo la velocidad de diseño de nuestra vía.

$$\text{Velocidad de diseño} = 40 \text{ km/h}$$

Tabla 3.2 *Velocidades.*

Normas	CLASE IV 100 - 300 TPDA					
	Recomendable			Absoluta		
	LL	O	M	LL	O	M
Velocidad de diseño (K.P.H)	80	60	50	60	35	25

Fuente: MTOP (2003).

3.1.4 Peralte o sobreelevación

La sobreelevación o peralte, en nuestro caso al ser un camino con capa granular de rodadura y tener una velocidad de diseño menor a 50 km/h, sería de 8%; con la ayuda de este porcentaje procedemos a calcular el radio de giro recomendado.

3.1.5 Coeficiente de fricción lateral

En base a la norma MTOP (2003) se determinó que el coeficiente de fricción lateral será de 0.221 ya que nuestra vía tiene una velocidad de diseño de 40km/h.

Tabla 3.3 *Coeficientes de fricción lateral.*

Velocidad de Diseño km/h	"f" Máximo
20	0.350
25	0.315
30	0.264
35	0.255
40	0.221
45	0.200
50	0.190
60	0.165

Fuente: MTOP (2003).

3.1.6 Radio mínimo

En base al peralte, el coeficiente de fricción lateral y la velocidad de diseño podemos a buscar el valor de radio de giro mínimo recomendado que debe llevar la vía en este caso será de 42m.

Tabla 3.4 *Radios mínimos.*

Velocidad de Diseño km/h	"f" Máximo	Radio Mínimo Recomendado				Radio Mínimo Recomendado			
		e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04	e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04
20	0.350		7.32	7.58	5.08		18	20	20
25	0.315		12.48	13.12	13.66		20	25	25
30	0.264		19.47	20.5	21.67		25	30	30
35	0.255		25.79	30.62	32.7		30	36	35
40	0.221		41.88	44.65	48.27		42	45	50
45	0.200		55.75	59.94	64.82		68	60	65
50	0.190		72.91	78.74	86.69		75	80	90
60	0.165	106.97	115.7	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.160	164.55	157.75	185.73	203.67	180	170	185	205

Velocidad de Diseño km/h	"f" Máximo	Radio Mínimo Recomendado				Radio Mínimo Recomendado			
		e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04	e = 0.10	e = 0.08	e = 0.06	e = 0.04
80	0.140	209.97	229.98	151.97	279.97	210	230	255	280
90	0.134	272.58	298.04	328.7	300.55	275	300	330	370
100	0.130	342.36	374.95	414.42	463.16	350	375	415	465
110	0.124	475.34	467.04	517.8	550.95	430	470	520	585
120	0.120	615.39	568.93	529.92	708.86	520	570	630	710

NOTA: Se podrá utilizar radio mínimo de 15 m siempre y cuando se trate de:
 Aprovechar infraestructuras existentes
 Relieve difícil (escarpado)
 Caminos de bajo costo

Fuente: MTOP (2003).

3.1.7 Grado de curvatura

En base al radio mínimo podemos obtener el grado de curvatura a partir de la formula descrita a continuación dando como resultado.

Ecuación 3.1 Grado de curvatura

$$Gc = \frac{1145.92}{R}$$

$$Gc = \frac{1145.92}{42} = 27.28^\circ$$

Donde:

R = Radio mínimo recomendado

3.1.8 Gradiente transversal

En base a la normativa para este tipo de vía se obtuvo una gradiente transversal de 2.5% ya que es una vía con función vecinal de Clase IV.

Tabla 3.5 Clasificación de superficies de rodadura.

Clasificación de Superficies de Rodadura		
Clase de Carretera	Tipo de Superficie	Gradiente Transversal (Porcentajes)
R-I o R-II > 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1,5-2
I 3000 a 8000 TPDA	Alto grado estructural: concreto asfáltico u hormigón	1.5-2
II 1000 a 3000 TPDA	Grado estructural intermedio	2

Clasificación de Superficies de Rodadura		
Clase de Carretera	Tipo de Superficie	Gradiente Transversal (Porcentajes)
III 300 a 1000 TPDA	Bajo grado estructural: Doble Tratamiento Superficial Bituminoso D.T.S.B.	2
IV 100 a 300 TPDA	Grava o D.T.S.B.	2,5-4
V Menos de 100 TPDA	Grava, Empedrado, Tierra	4

Fuente: MTOP (2003).

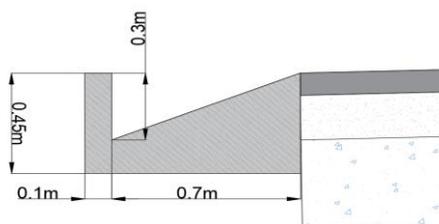
3.1.9 Espaldones

Sus funcionalidades son proveer de espacio para el estacionamiento temporal y así evitar accidentes. También mejorar la visibilidad en curvas; en este caso al ser una vía de tipo vecinal no es necesario la colocación de espaldones ya que hay infraestructura alrededor de la vía lo que no permite expandirse a los costados.

3.1.10 Cunetas

En vías de tipo montañosa se recomienda que las cunetas tengan una profundidad de 40 cm con respecto a la rasante, por ende, es necesario el revestimiento de 10 cm para proteger la estructura del pavimento. El ancho de la cuneta será de 0.70 m, teniendo una forma triangular para tener un lado semejante a la forma de un bordillo.

Ilustración 3.1 Gráfica de la sección de la cuneta tipo triangular.



Fuente: Elaboración propia (2024).

3.1.11 Taludes

En base a la norma MTOP (2003), se decidió al talud de corte en 1.8:1 y para el talud de relleno en 2:1 que corresponde a una clase de vía tipo IV.

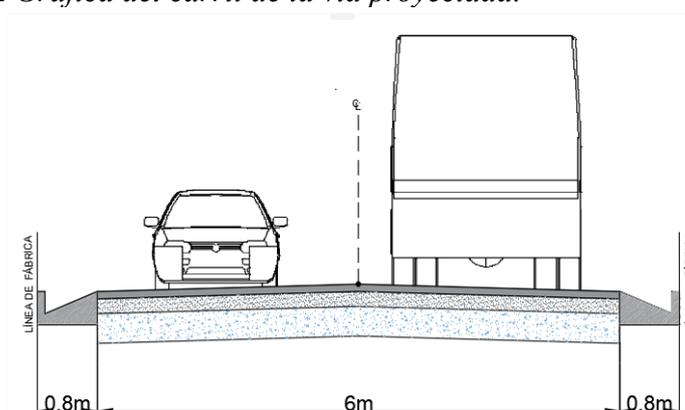
Tabla 3.6 Valores de diseño recomendables de los taludes.

Valores de Diseño Recomendables de los Taludes en Terrenos Planos		
Clase de Carretera	Talud	
	Corte	Relleno
R-I o R-II > 8000 TPDA	3:1	4:1
I 3000 a 8000 TPDA	3:1	4:1
II 1000 a 3000 TPDA	2:1	3:1
III 300 a 1000 TPDA	2:1	2:1
IV 100 a 300 TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1
V Menos de 100 TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1

Fuente: MTOP (2003).

3.1.12 Carril

La vía tiene dos carriles y dos cunetas a los bordes de tipo triangular las cuales ya incluyen el bordillo, para adaptarse mejor al entorno del trazo de la vía y respetar la infraestructura ya existente, por ende, no se puede ensanchar más la vía.

Ilustración 3.2 Gráfica del carril de la vía proyectada.

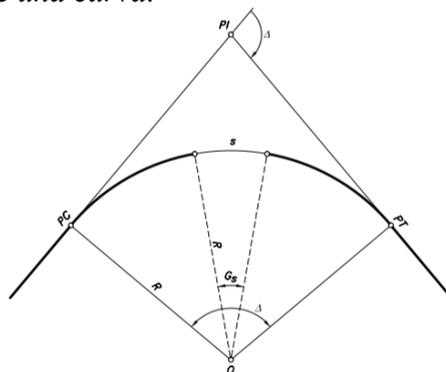
Fuente: Elaboración propia (2024).

3.1.13 Tangente

Son líneas o proyecciones sobre un plano horizontal que solo tocan un punto que da inicio a la curva, por ende, al interceptarse dos rectas forman la unión de una curva. El punto de intersección de dos tangentes PI y el ángulo de deflexión se denomina alfa o delta respectivamente (MTOP, 2003).

3.1.14 Curva

Está conformado por la intersección de dos tangentes, que forman un área en donde se desarrollara la curva circular (MTOP, 2003).

Ilustración 3.3 Gráfica de una curva.

Fuente: Cárdenas Grisales (2013).

3.1.15 Resultados del diseño geométrico horizontal

Los resultados obtenidos en el diseño horizontal son 30 curvas que se obtuvieron a lo largo de los 3.3 km de la vía respetando que no sea inferior al radio mínimo, en el caso de curvas muy agostas por temas de infraestructura se ocupa un mínimo de 15m.

Tabla 3.7 Resultados de diseño geométrico horizontal.

No. Curva	Radio	Longitud de Curva	Tangente	Grado de Curvatura	Abscisa PI
1	90.000m	22.728m	11.425m	19.4042 (d)	0+020.53m
2	90.000m	23.230m	11.680m	19.4042 (d)	0+071.35m
3	25.000m	14.719m	7.580m	69.8550 (d)	0+108.87m
4	90.000m	43.154m	22.000m	19.4042 (d)	0+163.99m
5	90.000m	31.222m	15.769m	19.4042 (d)	0+275.20m
6	110.000m	18.975m	9.511m	15.8761 (d)	0+331.00m
7	55.000m	23.513m	11.939m	31.7523 (d)	0+389.51m
8	70.000m	27.826m	14.099m	24.9482 (d)	0+415.68m
9	55.000m	42.812m	22.557m	31.7523 (d)	0+469.92m
10	55.000m	27.439m	14.011m	31.7523 (d)	0+532.09m
11	110.000m	52.994m	27.022m	15.8761 (d)	0+596.72m
12	110.000m	17.168m	8.601m	15.8761 (d)	0+762.01m
13	80.000m	34.579m	17.564m	21.8297 (d)	0+833.53m
14	25.000m	20.930m	11.122m	69.8550 (d)	0+881.48m
15	80.000m	30.741m	15.563m	21.8297 (d)	0+976.03m
16	80.000m	14.816m	7.429m	21.8297 (d)	1+098.92m
17	85.000m	20.275m	10.186m	20.5456 (d)	1+195.24m
18	110.000m	23.219m	11.653m	15.8761 (d)	1+318.99m
19	110.000m	23.747m	11.920m	15.8761 (d)	1+362.87m
20	85.000m	54.028m	27.962m	20.5456 (d)	1+922.10m
21	25.000m	33.244m	19.599m	69.8550 (d)	2+153.76m
22	25.000m	33.820m	20.068m	69.8550 (d)	2+198.98m
23	25.000m	36.360m	22.247m	69.8550 (d)	2+441.74m
24	25.000m	32.027m	18.634m	69.8550 (d)	2+494.67m

No. Curva	Radio	Longitud de Curva	Tangente	Grado de Curvatura	Abscisa PI
25	85.000m	49.155m	25.286m	20.5456 (d)	2+604.65m
26	85.000m	26.939m	13.583m	20.5456 (d)	2+710.10m
27	85.000m	16.391m	8.221m	20.5456 (d)	2+800.95m
28	85.000m	40.316m	20.545m	20.5456 (d)	2+895.78m
29	85.000m	12.216m	6.119m	20.5456 (d)	3+057.26m
30	204.226m	34.298m	17.190m	8.5512 (d)	3+170.22m

Fuente: Elaboración propia (2024).

3.2 Diseño geométrico vertical

Una vez realizado el alineamiento horizontal con sus curvas, se procede a llevar esa alineación a un plano vertical en donde se puede observar el terreno en elevación y de esta forma realizar el trazado del alineamiento vertical respetando las gradientes longitudinales máximas, agregando curvas verticales que estén acorde con lo establecido en la norma MTOP (2003), en ciertos tramos el alineamiento va por encima o debajo de la superficie del terreno, evidenciando así, secciones donde existe corte o relleno.

3.2.1 Gradientes longitudinales

En base al trazado llevado a cabo sobre la superficie del terreno se evidenció que, presentaba pendientes entre 8 a 12 %, por ende, se cataloga dentro de una superficie de terreno de tipo ondulado. Con ello se estableció las gradientes longitudinales para la vía de tipo IV dando como resultado un valor de 6 y 8% que corresponde al valor recomendable y absoluto respectivamente. En base a la norma nacional se establece:

- Gradientes de 8-10%, la longitud máxima será de 1000m.
- Gradientes de 10-12 %, la longitud máxima será de 500m.
- Gradientes de 12-14%, la longitud máxima será de 250m.

También, en longitudes cortas se puede aumentar la gradiente en 1 % en superficie de terreno ondulados y montañoso para reducir costos para vías de Clase I, II y III (MTOP, 2003).

Tabla 3.8 Valores de diseño de las gradientes longitudinales máximas.

Valores de Diseño de las Gradientes Longitudinales Máximas						
(Porcentaje)						
Clase de Carretera	Valor Recomendable			Valor Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
R-I o R-II > 8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I 3000 a 8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II 1000 a 3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III 300 a 1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV 100 a 300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V Menos de 100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente: MTOP (2003).

3.2.2 Índice de curva K, concavas

El índice de curva K para curvas verticales cóncavas se base en la norma MTOP (2003), la cual se estableció a partir de las distancias de seguridad que suelen considerar para una circulación vehicular adecuada.

Tabla 3.9 Curvas verticales cóncavas mínimas.

Curvas Verticales Cóncavas Mínimas			
Velocidad de diseño	Distancia de Visibilidad para Parada-"s"	Coeficiente $K=(S^2) / 426$	
		Calculado	Redondeado
kph	(metros)		
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38

Curvas Verticales Cóncavas Mínimas			
Velocidad de diseño	Distancia de Visibilidad para Parada-"s"	Coeficiente $K=(S^2) / 426$	
kph	(metros)	Calculado	Redondeado
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Fuente: MTOP (2003).

3.2.3 Índice de curva, convexa

El índice de curva K para curvas verticales convexas se base en la norma MTOP (2003), de la cual se estableció las distancias de seguridad necesarias para la correcta circulación y basándose en las características del terreno.

Tabla 3.10 *Curvas verticales convexas mínimas.*

Curvas Verticales Convexas Mínimas			
Velocidad de diseño	Distancia de Visibilidad para Parada-"s"	Coeficiente $K=(S^2) / 426$	
kph	(metros)	Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.1	7
60	70	11.5	12
70	90	19.01	19
80	110	28.04	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Fuente: MTOP (2003).

3.2.4 Resultados diseño geométrico vertical

Los resultados obtenidos a partir de los componentes antes descritos y tomando en cuenta que el relleno y corte no esté por encima de un metro, buscando abaratar costos y asemejarse a la tipología del terreno.

Tabla 3.11 Resultados del diseño geométrico vertical.

No. CURVA VERTICAL	ABSCISA PVI	VALOR K
1	0+070.00m	6
2	0+350.00m	6
3	0+890.00m	4
4	1+050.00m	4
5	1+220.00m	6
6	1+310.00m	6
7	1+390.00m	4
8	1+510.00m	6
9	1+630.00m	4
10	1+750.00m	6
11	1+850.00m	4
12	1+940.00m	6
13	2+040.00m	4
14	2+130.00m	6
15	2+240.00m	4
16	2+350.00m	6
17	2+490.00m	4
18	2+630.00m	6
19	2+950.00m	6
20	3+080.00m	4
21	3+140.00m	4
22	3+210.00m	6

Fuente: Elaboración propia (2024).

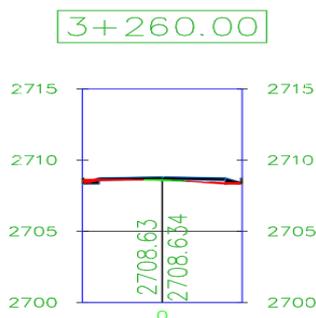
3.3 Diseño geométrico transversal

El diseño geométrico transversal se obtiene a partir del alineamiento horizontal y vertical, ya que nos permite detallar cada una de las secciones antes descritas, con el fin de obtener la cantidad de material que se obtendrá tanto en relleno como en corte, por ende, se detalla la sección transversal que se estableció para la obtención de los datos de relleno y corte.

3.3.1 Cálculo de los volúmenes de corte y relleno

El cálculo de los volúmenes se hace a partir del alineamiento vertical y horizontal, con ello se crea un corredor con un abscisado cada 10 m en el software AutoCAD - Civil3D, para poder obtener las secciones transversales y con ello la tabla de volúmenes.

Ilustración 3.4 Sección transversal de corte y relleno.



Fuente: Elaboración propia (2024).

3.3.2 Resultados diseño geométrico transversal

En base a las secciones transversales realizadas que se describieron anterior mente se obtiene los datos de los volúmenes totales que se obtendrá a lo largo de los 3.3 km de vía.

En base a la norma MTOP (2003) se procede a designar las pendientes correspondientes a el talud, según a si corresponde a corte o relleno. Dando resultando en un volumen total de relleno de 6056.90 m³ y el total en corte de 11590.39 m³. Cabe recalcar, que se puede realizar un adecuado movimiento de tierras para abaratar costos de construcción a lo largo de los 3.3 km de la vía. Dando como resultado un volumen sobrante de 5533.49 m³.

Tabla 3.12 Volúmenes totales de corte y relleno.

Volúmenes de Tierra Totales						
Abscisa	Área de relleno	Área de corte	Volumen de relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno acumulado	Volumen de corte acumulado
3+240.00	0,000	2,5	0,00	34,77	6056,07	11494,39
3+250.00	0,020	1,02	0,10	17,62	6056,17	11512,01
3+260.00	0,060	0,46	0,41	7,43	6056,58	11519,43
3+270.00	0,000	1,32	0,31	80,90	6056,90	11528,34
3+280.00	0,000	1,58	0,00	14,48	6056,90	11542,82

Volúmenes de Tierra Totales						
Abscisa	Área de relleno	Área de corte	Volumen de relleno	Volumen de corte	Volumen de relleno acumulado	Volumen de corte acumulado
3+290.00	0,000	2,57	0,00	20,72	6056,90	11563,54
3+300.00	0,000	2,8	0,00	26,85	6056,90	11590,39

Fuente: Elaboración Propia (2024).

CAPÍTULO IV

4. PAVIMENTOS

El diseño de los pavimentos y estructuras que lo componen, juegan un papel importante al momento de proveer de una superficie de rodadura adecuada para la vía, relacionándolo con seguridad y comodidad para el usuario, en base al tráfico esperado y agentes externos que puedan afectar al pavimento, buscando en este apartado, el llegar a generar una propuesta entre las tipologías de pavimentos que pretenda los aspectos técnicos y económicos que supone cada alternativa.

Entre las características del diseño de pavimentos, tenemos el determinar los espesores de las capas que lo componen, basado en los volúmenes de tráfico y características físico-mecánicas de los materiales, entre otros aspectos; para este fin se hará uso de las consideraciones, especificaciones y tolerancias del método AASHTO 93, mencionado en la “Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO” (AASHTO, 1993), admitida por la normativa nacional.

4.1 Características de la subrasante

Entendiéndose a la subrasante como la capa natural de una vía, obtenida por movimiento de tierras en la exploración del subsuelo (Montejo Fonseca, 1998); en base al estudio de suelos, se determinó las características físicas y mecánicas de capa de subrasante para la vía, de donde se hará uso de los resultados obtenidos para CBR.

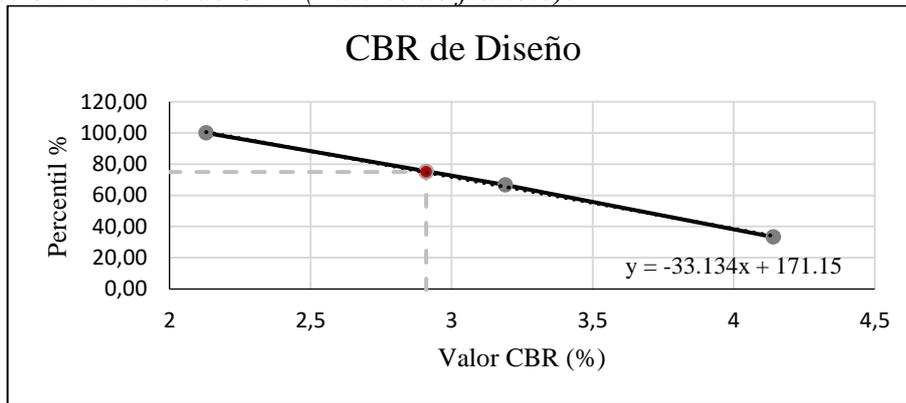
Para la Tabla 4.1 y Tabla 4.2, se observan resultados del valor de CBR de cada calicata, para el diseño de pavimentos se usarán las recomendaciones de la AASHTO, usando un percentil para el diseño de 75% para el pavimento flexible y 87.5 para el pavimento rígido.

Tabla 4.1 CBR de diseño (Pavimento flexible).

CBR de Diseño						
# Calicata	Abscisa	CBR (95% M.D.S.) 0.1''	Densidad seca al 95% (kg/m3)	% CBR Ordenado	Valor ≥	%
Segunda	0+500	4.14	1649	2.13	3	100.00
Cuarta	1+500	2.13	1416	3.19	2	66.67
Sexta	2+500	3.19	1478	4.14	1	33.33
Percentil (%)		75	CBR Diseño (%)		2.910	

Fuente: Elaboración propia (2024).

Ilustración 4.1 Valor de CBR (Pavimento flexible).



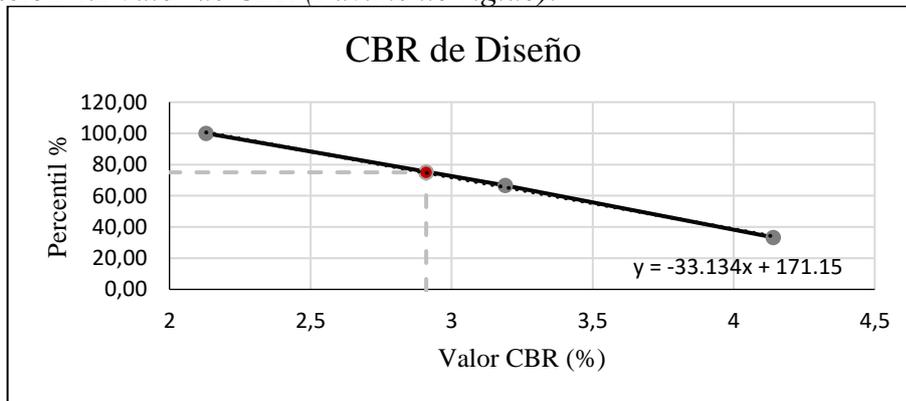
Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 4.2 CBR de diseño (Pavimento rígido).

CBR de Diseño						
# Calicata	Abscisa	CBR (95% M.D.S.) 0.1''	Densidad seca al 95% (kg/m3)	% CBR Ordenado	Valor ≥	%
Segunda	0+500	4.14	1649	2.13	3	100.00
Cuarta	1+500	2.13	1416	3.19	2	66.67
Sexta	2+500	3.19	1478	4.14	1	33.33
Percentil (%)		87.5	CBR Diseño (%)		2.530	

Fuente: Elaboración propia (2024).

Ilustración 4.2 Valor de CBR (Pavimento rígido).



Fuente: Elaboración propia (2024).

De los ensayos realizados se determinó que la subrasante natural de la vía se la puede caracterizar como una de tipo muy pobre con un CBR de diseño menor a 3%, y en base a la estratigrafía del subsuelo que se conforma en su mayoría de arenas arcillosas con gravas, por lo cual se requiere mejorar las características del suelo para el diseño de pavimentos, para esta clasificación nos basamos en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 *Clasificación de la subrasante.*

Clasificación de los suelos en base a su utilización			
CBR	Clasificación General	Usos	Clasificación
			AASHTO
0 - 3	Muy Pobre	Subrasante	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a Regular	Subrasante	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub-base	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, sub-base	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	A1a, A2-4, A3

Fuente: Bowles (1981).

4.2 Materiales y sus características

La determinación del espesor de las capas componentes del pavimento, dependerán en gran medida de las características físicas y mecánicas de los materiales que se usaran, para ello se clasifican y caracterizan de acuerdo con las consideraciones emitidas por la normativa nacional, teniendo así la siguiente clasificación en cuanto a materiales aptos para recomposición y conformación de capas estructurales.

4.2.1 Material de mejoramiento.

Este material se utilizará para un suelo natural clasificado como pobre o muy pobre, se usará para mejorar las características y disminuir el espesor de las capas más costosas, adquiriendo el mismo, de un material de préstamo u otra excavación que cumpla con las características solicitadas (Ministerio de Obras Publicas [MOP], 2002).

Tabla 4.4 *Materiales de mejoramiento.*

Material para mejoramiento	
Criterios	Valores admitidos
Pasante del Tamiz # 200	≤ 20%
Índice de plasticidad	≤ 9%
Límite Líquido	≤ 35%
CBR	> 20%

Fuente: MOP (2002).

4.2.2 Material de subbase

Este material se usa como capa superior a la subrasante natural o mejorada, con un coeficiente de desgaste por abrasión menor o igual a 50%, el porcentaje pasante del tamiz número 40, deberá cumplir con un límite líquido menor o igual a 25, índice de plasticidad menor a 6 y un CBR mayor o igual a 30% (MOP, 2002).

Tabla 4.5 *Materiales de subbase.*

Tipos de Subbase a utilizarse			
Porcentaje de peso que pasa de los tamices			
Tamiz	Por trituración de rocas o gravas	Por trituración o cribado de piedras fragmentadas	Agregados naturales o procesados
	Clase I	Clase II	Clase III
3" (76.2mm)	--	--	100
2" (50.4mm)	--	100	--
1 1/2 (38.1mm)	100	70 - 100	--
N° 4 (4.75 mm)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
N° 40 (0.425 mm)	10 - 35	15 - 40	--
N° 200 (0.075 mm)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Fuente: MOP (2002).

4.2.3 Material de base

Considerado como un material con buenas características, se emplea para disminuir el espesor y absorber las cargas de la capa de rodadura, con un coeficiente de desgaste por abrasión menor a 40%, el porcentaje pasante del tamiz número de 40, deberá cumplir con un límite líquido menor a 25, índice de plasticidad menor a 6 y un CBR mayor o igual a 80% (MOP, 2002).

Tabla 4.6 *Materiales de base.*

Tipos de base a utilizarse					
Porcentaje de peso que pasa de los tamices					
Tamiz	Triturados en un 100%		Fracción de agregado Grueso triturada 50%	Fracción de agregado Grueso triturada 25%	Por trituración o cribado
	Clase I				
	Tipo A	Tipo B			
2" (50.8 mm)	100	--	--	--	100
1 1/2 (38.1 mm)	70 - 100	100	--	--	--
1" (25.4 mm)	55 - 85	70 - 100	100	--	60 - 90
3/4" (19.0 mm)	50 - 80	60 - 90	70 - 100	100	--
3/8" (9.5 mm)	35 - 60	45 - 75	50 - 80	--	--
N° 4 (4.75 mm)	25 - 50	30 - 60	35 - 65	45 - 80	20 - 50

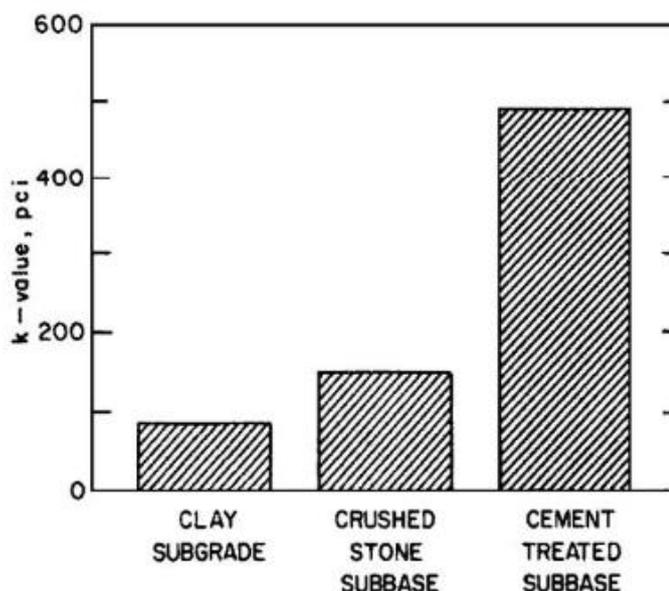
Tipos de base a utilizarse					
Porcentaje de peso que pasa de los tamices					
Tamiz	Triturados en un 100%		Fracción de agregado Grueso triturada 50%	Fracción de agregado Grueso triturada 25%	Por trituración o cribado
	Clase I				
	Tipo A	Tipo B	Clase II	Clase III	Clase IV
N° 10 (2 mm)	20 - 40	20 - 50	25 - 50	30 - 60	--
N° 40 (0.425 mm)	10 - 25	10 - 25	15 - 30	20 - 35	--
N° 200 (0.075 mm)	2 - 12	2 - 12	3 - 15	3 - 15	0 - 15

Fuente: MOP (2002).

4.2.4 Suelo cemento

El término de suelo cemento es acuñado por la Instituto Americano del Concreto (ACI, por sus siglas en inglés) para referirse a la mezcla de suelo con cantidades dosificadas de cemento portland y agua, esto sumado a una compactación para una densidad alta, siendo un método bastante utilizado para la estabilización de suelos en carreteras y otras industrias, mejorando la transferencia de cargas; evitando el bombeo en capas de subrasante para condiciones de humedad, prestándose para soporte de tráfico pesado y plataformas firmes (ACI Committee 230, 2009).

Ilustración 4.3 Mejora del módulo de la subrasante.



Fuente: ACI Committee 230 (2009).

Este tratamiento se aplicará para mejorar las características mecánicas de suelo por medio de la aplicación de un ligante, para suelo cemento o bases estabilizadas se hace uso de un cemento portland Tipo I, cuidando que los agregados que pasen por el tamiz

de apertura de 0.425mm, presenten un límite líquido menor que 30 e índice plástico menor o igual a 9 (MOP, 2002).

4.3 Diseño de la estructura de pavimentos

4.3.1 Periodo de diseño

Es el periodo temporal para el cual se diseñarán los pavimentos, que considera la intervención de mantenimientos o rehabilitaciones para la conservación del pavimento, basando en factores económicos y de tráfico de las áreas de intervención, usando un marco temporal entre 15 a 25 años para nuestra región (MTO, 2003). Para evaluar las alternativas a largo plazo haremos uso de un periodo de diseño de 20 años para pavimentos rígidos y un diseño en dos etapas de 10 años para pavimentos flexibles.

Tabla 4.7 *Periodo de diseño recomendado por la AASHTO.*

Tipo de Carretera	Periodo de análisis (años)
Urbana de tránsito elevado	30 - 50
Interurbana de tránsito elevado	20 - 50
Pavimentada de baja intensidad	15 - 25
Baja intensidad, superficie con agregados	10 - 20

Fuente: AASHTO (1993).

4.3.2 Distribución del tráfico

- **Factor de distribución por dirección**

Este se refiere distribución del volumen de tráfico que se considera para cada dirección cantidad de vehículos, usualmente se considera como el 50% del tráfico en cada dirección, en nuestro caso los datos del tráfico no indican lo contrario.

- **Factor de distribución por carril**

Este factor estará en dependencia del número de carriles considerados en la calzada y el porcentaje de ejes simples equivalentes que se distribuyen en una dirección, mostrándose en la Tabla 4.8, los valores apropiados para la AASHTO.

Tabla 4.8 *Factores de distribución por carril.*

Número de carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes a 18,000 lbs en el carril de diseño
1	100
2	80 - 100

Número de carriles en cada dirección	Porcentaje de ejes simples equivalentes a 18,000 lbs en el carril de diseño
3	60 - 80
4 o más	50 - 75

Fuente: AASHTO (1993).

En la vía en estudio, se determinó una calzada, con dos sentidos de circulación y un carril por cada sentido, haciendo uso de un factor direccional de 50% y un factor de distribución por carril de 100%; obtenemos un factor ponderado que nos da una distribución del tráfico (Dt) de 0.5.

4.3.3 Factor de conversión de ejes equivalentes de carga

A partir del volumen de tráfico resultante del TPDA de diseño y los porcentajes de asignación vehicular, se procede a transformar los volúmenes de tráfico mixto en un número equivalentes de ejes para una carga, que dentro en la norma ecuatoriana, lo relaciona con un eje con una carga estándar de 18,000 libras, este método desarrollado por la AASHTO (1993), será la base del diseño de pavimento rígido y flexible.

Para el presente caso, se hace uso de las relaciones para determinar los ejes equivalentes en base al tipo de ejes que se presentan dentro de la normativa nacional, y en base a las correlaciones de los valores para el cálculo de la Carga Estándar por Eje Simple Equivalente (ESALs, por sus siglas en ingles), enunciado dentro del apéndice D de la guía AASHTO 93, dentro de las tablas 4.9 y 4.10, para pavimentos flexibles y rígidos, respectivamente.

Tabla 4.9 *Relación de cargas por eje para pavimento flexible o semirrígido.*

Relación entre Cargas por Eje con Ejes Equivalentes (EE) - Para Pavimentos Flexibles y Semirrígidos	
Tipo de Eje	Eje Equivalente
Donde, P es el peso real en toneladas	
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	EEs1 = $[P/6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	EEs2 = $[P/8.2]^{4.0}$
Eje Tándem (1 eje de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple) (EE _{TA1})	EEs1 = $[P/14.8]^{4.0}$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EEs1 = $[P/15.1]^{4.0}$
Eje Trídem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple) (EE _{TR1})	EEs1 = $[P/20.7]^{3.9}$
Eje Trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EEs1 = $[P/21.8]^{3.9}$

Fuente: AASHTO (1993).

Tabla 4.10 *Relación de cargas por eje para pavimento rígido.*

Relación entre Cargas por Eje con Ejes Equivalentes (EE) - Para Pavimentos Rígidos	
Tipo de Eje	Eje Equivalente
Donde, P es el peso real en toneladas	
Eje Simple de ruedas simples (EEs ₁)	EEs ₁ = [P/6.6] ^{4.1}
Eje Simple de ruedas dobles (EEs ₂)	EEs ₂ = [P/8.2] ^{4.1}
Eje Tándem (1 eje de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple) (EE _{TA1})	EEs ₁ = [P/13.0] ^{4.1}
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	EEs ₁ = [P/13.3] ^{4.1}
Eje Trídem (2 ejes de ruedas dobles + 1 eje de rueda simple) (EE _{TR1})	EEs ₁ = [P/16.6] ^{4.0}
Eje Trídem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	EEs ₁ = [P/17.5] ^{4.0}

Fuente: AASHTO (1993).

Cada uno de los factores de conversión se los obtiene en base a la tipología de vehículos producto de la clasificación vehicular y su correspondiente asignación de peso por eje, en base a la información extraída de la normativa nacional, de este modo podemos llegar a estimar un factor parcial según el porcentaje de asignación vehicular, derivando en un factor de conversión de ejes para pavimento flexible y rígido (ver Anexo IV).

En base a las consideraciones de periodo de diseño, tráfico proyectado y porcentajes de asignación, sumado a los factores de conversión de ejes resultantes y distribución del tráfico, se determinaron los ESALs para los pavimentos rígidos y flexibles, respectivamente; presentado en las Tablas 4.11 y 4.12 las cargas estándar por eje equivalentes para cada pavimento.

Tabla 4.11 *Carga estándar por eje simple equivalente para pavimento rígido.*

ESAL's	1008407.4
--------	-----------

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 4.12 *Carga estándar por eje simple equivalente para pavimento flexible.*

Primer Periodo 2026-2036	
ESALs	445399.6
Segundo Periodo 2036-2046	
ESALs	521932.8
Periodo 2026-2046	
Σ ESALs	967332.3988

Fuente: Elaboración propia (2024).

4.3.4 Índice de serviciabilidad

El índice de servicio se lo define como la idoneidad de un pavimento para proveer un comportamiento seguro, confortable y funcional a los usuarios, es decir la capacidad de servicio evaluada de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera excelente), basándose en el volumen de tránsito total y un nivel de servicio deseado al inicio y la finalizar del periodo de diseño (Montejo Fonseca, 1998).

Los índices de servicio iniciales (P_o), se refiere a aquellos correspondientes a un pavimento nuevo, la AASTHO establece valores de 4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para pavimentos flexibles, finalmente el pavimento al terminó de su vida útil, llega un índice de serviciabilidad final (P_t), presentado en la Tabla 4.13 en función de la clasificación vial.

Tabla 4.13 *Índices de serviciabilidad final.*

Clasificación	PSI _t
Autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico	2.5 - 3
Autopistas urbanas y troncales de tráfico normal, así como autopistas interurbanas	2.0 - 2.5
Vías locales, ramales, secundarias y agrícolas	1.8 - 2.0

Fuente: AASTHO (1993, p. II-9).

La pérdida de serviciabilidad se obtiene de la diferencia entre el índice de servicio inicial y el final, referidos a una vía de tipo colectora de tránsito, basada en la AASTHO (1993).

Ecuación 4.1 *Perdida de serviciabilidad.*

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Donde:

P_o = Índice de serviciabilidad inicial

P_t = Índice de serviciabilidad final

En la vía se determinó una pérdida de serviciabilidad $\Delta PSI= 2$ para el pavimento rígido, y $\Delta PSI= 1.7$ para el pavimento flexible, considerando factores que influyen en la perdida de serviciabilidad como los agentes del interperismo, el tráfico sobre el pavimento o la pérdida de propiedades resultantes de la edad del pavimento.

4.3.5 Factor de confiabilidad

Entre las variables de diseño, definimos a la confiabilidad como la probabilidad de que la estructura de pavimento pueda permanecer con un nivel de serviciabilidad mínimo, así como cumplir con la función prevista durante su periodo de diseño y bajo las condiciones del ambiente (AASHTO, 1993). Para encontrar los porcentajes de confiabilidad, hacemos uso de su relación con categorías viales típicas en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14 Niveles de confiabilidad.

Niveles de confiabilidad según categoría de vía		
Tipo de vía	Urbanas	Rurales
Autopistas interestatales y otras	85 - 99.9	80 - 99.9
Arteriales principales	80 - 99	75 - 95
Colectoras de tránsito	80 - 95	75 - 95
Carreteras locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: AASHTO (1993, p. II-9).

4.3.6 Desviación estándar

La desviación estándar (S_o) representa el valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tráfico, materiales y procesos constructivos en el diseño de pavimentos (Espinoza Correa, 2018). Considerando los valores recomendados por la AASTHO, en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15 Desviación estándar.

Valores para la desviación estándar para pavimentos		
Condición de Diseño	Rígido	Flexible
Variación en la predicción del comportamiento, con errores en el tránsito	0.35	0.45
Variación en la predicción del comportamiento, sin errores en el tránsito	0.4	0.5
Pavimento Nuevo	0.35	
Sobre capa	0.4	

Fuente: AASHTO (1993, p. I-62).

Considerando que el pavimento se aplicara una estructura nueva en el caso del pavimento rígido usamos un $S_o=0.35$, y en el caso del pavimento flexible usaremos

un $S_o=0.45$ para el primer periodo, por otro lado, para el segundo periodo, consideramos un recapeo del asfalto por lo que se toma un valor de $S_o=0.40$.

4.3.7 Coeficientes de drenaje

La estimación de los coeficientes de drenaje (C_d) se relacionan con el desempeño del pavimento, usándose para determinar la calidad de drenaje presente en los materiales ante la presencia de lluvia o nivel freático, se determina en función del tiempo que tarda el agua infiltrada en evacuar, utilizando los valores recomendados por la AASHTO, en la Tabla 4.16.

Tabla 4.16 Consideraciones de drenaje.

Calidad del Drenaje	Agua eliminada dentro
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Pobre	El agua no drena

Fuente: AASHTO (1993, p. II-22).

En cuanto a los valores recomendados para el coeficiente de drenaje, dependerán en gran medida de la calidad de los materiales y su permeabilidad, en función del porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el que a la estructura del pavimento está próximo a niveles próximos a la saturación, en la Tabla 4.17, encontramos valores recomendados para coeficientes de drenaje.

Tabla 4.17 Coeficientes de drenaje.

Valores recomendados para el coeficiente de drenaje				
Porcentaje de tiempo que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación				
Calidad del Drenaje	<1%	1 - 5%	5 - 25%	>25%
Excelente	1.25 - 1.20	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Buena	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 0.90	1.00
Regular	1.15 - 1.10	1.10 - 0.90	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1.10 - 0.90	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Fuente: AASHTO (1993, p. II-26).

Considerando que la ciudad de Cuenca tiene temporadas de lluvia intensa y la calidad de los materiales encontrados en el estudio de suelos se opta por un $C_d=1.0$, para el

diseño del pavimento, es decir, un 12% de tiempo en que la estructura pasará con niveles de humedad próximos a la saturación y la calidad de drenaje se considera mediana o mala.

4.4 Parámetros para el diseño del pavimento rígido

4.4.1 Módulo de reacción combinado

Este parámetro toma en consideración el módulo de reacción (k), que considera la masa del suelo como una conformada por resortes elásticos (Espinoza Correa, 2018). Para ello se relaciona el mismo con un módulo de reacción de la subrasante, que tomando en cuenta la mejora del pavimento con capas intermedias, se refleja en el módulo de reacción combinado (K_c).

Para la obtención del módulo de reacción de la subrasante, la AASTHO permite hacer uso de las correlaciones entre el módulo resiliente y el módulo de reacción efectivo de la subrasante, con el CBR de diseño, las mismas se muestran a continuación.

Ecuación 4.2 *Modulo de reacción de la subrasante (correlación a).*

$$K = 2.55 + 52.5 \times \log(CBR), CBR \leq 10\%$$

Ecuación 4.3 *Modulo de reacción de la subrasante (correlación b).*

$$K = 46.00 + 9.08 \times (\log(CBR))^{4.34}, CBR > 10\%$$

Donde:

$K =$ Módulo de reacción en MPa/m

En cuanto al módulo de reacción combinado (K_c) se lo puede obtener relacionando el espesor de la capa de base o subbase granular, con el módulo de reacción de la subrasante, en este caso se hace uso de la siguiente expresión.

Ecuación 4.4 *Modulo de reacción combinado.*

$$K_c = \left[1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \times K_0$$

Donde:

$K_c =$ Módulo de reacción combinado en kg/cm³

h = Espesor de la subbase granular cm

K_1 = Módulo de reacción de la subbase granular en kg/cm^3

K_c = Módulo de reacción de la subrasante en kg/cm^3

En base a las expresiones se determinó un el coeficiente de reacción combinado resultante para los ESALs y CBR de diseño de la subrasante, considerando una capa de base cemento de 30 cm de espesor, como se presenta en la Tabla 4.18.

Tabla 4.18 Coeficiente de reacción combinado resultante.

CBR Base	80	%
h	30	cm
Ko	2.326	Kg/cm3
K1	19.05	Kg/cm3
Kc	4.37	Kg/cm3
Kc	44.56	Mpa/m

Fuente: Elaboración propia (2024).

4.4.2 Módulo de rotura

En cuanto a la aplicación del hormigón en pavimentos, es necesario considerar que estos trabajaran principalmente a compresión, por lo cual se hace uso de expresiones que nos permitan considerar este efecto, el módulo de rotura (M_r), de donde la ACI 330R-08, recomienda relacionar dicho modulo con la resistencia a la compresión del hormigón, por medio de la siguiente expresión (ACI Committee 330, 2008).

Ecuación 4.5 Modulo de rotura.

$$M_r = a \times \sqrt{f'_c}$$

Donde:

M_r = Módulo de rotura del concreto en kg/cm^2

f'_c = Módulo de compresión del concreto en kg/cm^2

a = Constante, con valor recomendado de 2,2

La resistencia del Hormigón se la determina haciendo uso de las relaciones entre la resistencia, con los ESALs de diseño para el pavimento rígido, Tabla 4.19.

Tabla 4.19 Resistencia del concreto f'_c en base al rango de tráfico.

Valores Recomendados para f'_c , Según el Rango del Tránsito		
Tráfico Pesado expresado en EE	Resistencia mínima a la flexo-tracción (M_r)	Resistencia mínima equivalente a la compresión (f'_c)
≤ 5000000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5000000 EE ≤ 15000000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15000000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: (AASHTO, 1993).

El módulo de rotura resultante, se lo determina de acuerdo con las consideraciones anteriores, con tráfico pesado menor, se muestra lo obtenido en este inciso en la Tabla 4.20.

Tabla 4.20 Módulo de rotura resultante.

f'_c	280	Kg/cm ²
a	2.2	---
M_r	36.81	Kg/cm ²
M_r	3.61	Mpa

Fuente: Elaboración propia (2024).

4.4.3 Módulo de elasticidad del hormigón

Este es un parámetro importante para determinar la resistencia del hormigón al efecto de la flexo-tracción y compresión, es decir la rigidez y capacidad para resistir cargas impuestas sobre la losa, en este caso la AASTHO, permite usar las consideraciones indicadas en el código ACI 318M-11, de donde se extrae la expresión del capítulo 8.5.1, para concretos de peso normal (ACI Committee 318, 2011), esta se muestra a continuación.

Ecuación 4.6 Modulo de elasticidad del hormigón.

$$E = 4700 \times \sqrt{f'_c}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del hormigón en kg/cm²

f'_c = Módulo de compresión del concreto en kg/cm²

En el proceso de diseño se determinó un módulo de elasticidad $E=24628.65$ Mpa, considerando una resistencia a la compresión $f'_c=280$ Kg/cm², un parámetro que tendrá influencia en el espesor de la losa a calcular.

4.4.4 Coeficiente de transmisión de carga

El coeficiente de transferencia de carga (J), es un factor que considera la capacidad que tendrá la estructura del pavimento para distribuir las cargas aplicadas, hacia las discontinuidades de su superficie, como lo son juntas y grietas; se puede controlar empleando dispositivos de transferencia o la simple trabazón de los agregados (AASHTO, 1993). Para este caso se hace uso de las recomendaciones expresadas en la Tabla 4.21.

Tabla 4.21 *Coeficiente de transmisión de carga.*

Coeficiente de Transferencia de carga				
Tipo de Berma	Asfalto		Concreto Hidráulico	
Pasadores	SI	NO	SI	NO
Losa de concreto simple	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
Losas continuas	2.9 - 3.2	--	2.3 - 2.9	--

Fuente: AASHTO (1993, p. II-26).

4.4.5 Espesor de la losa de pavimento rígido

El método AASHTO, para el caso de los pavimentos entrega una expresión que relaciona todos los parámetros anteriores, en este caso con el fin de determinar el espesor de la losa de hormigón se fueron iterando las variables que determinan el espesor de la losa y su estructura, para llegar a cumplir con la igualdad que relaciona la expresión logarítmica de los ESALs, como se expresa en la Ecuación 4.7; extraída de la AASHTO (1993, p. I-6).

Ecuación 4.7 *Diseño de pavimentos rígidos AASHTO 98.*

$$\begin{aligned} \log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} \\ + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left(\frac{M_r C_d \times (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 \times J (0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{(E_c/k)^{0.25}})} \right) \end{aligned}$$

Donde:

W_{18} = Número de ejes equivalentes

Z_R = Nivel de confiabilidad

S_o = Desviación estandar combinada

D = Espesor de la losa de hormigón

$\Delta PSI =$ Diferencia entre el índice entre serviciabilidad inicial P_0 y el final P_t

$M_r =$ Módulo de rotura del concreto

$J =$ Coeficiente de transferencia de carga

$C_d =$ Coeficiente de drenaje

$E_c =$ Módulo de Elasticidad del concreto

$k =$ Módulo de reacción combinado

Una vez codificada la ecuación, se fueron variando los distintos coeficientes que satisfagan la igualdad, de este modo, se puede encontrar aquel diseño de pavimento que mejor se acople a las características impuestas, y de este modo se obtiene el espesor de la losa que cumple con lo anterior, como se muestra en la Tabla 4.22.

Tabla 4.22 Espesor de la losa de hormigón.

Relación ESALs - Estructura		
6.004	=	6.004
Espesor determinado (mm)		158.99
Espesor a usar(mm)		160

Fuente: Elaboración propia (2024).

4.4.6 Diseño de juntas

De manera similar a una losa de hormigón hidráulico, encontramos el empleo de juntas en la etapa de construcción de una losa, pero considerando los efectos, tipos de carga y esfuerzos propios de una superficie de rodadura, como lo son movimientos de contracción y expansión, alabeo por la circulación de vehículos, cambios de temperatura y humedad, por lo que se llevan a cabo el uso de juntas transversales y longitudinales para hacer frente a estos esfuerzos controlando la fisuración, manteniendo la funcionalidad y capacidad de soporte (Montejo Fonseca, 1998).

- **Juntas transversales de contracción**

Referidas a las juntas, pensadas para controlar la fisuración de los paños de losa, resultado de la contracción y cambios de temperatura en el elemento de hormigón, y dado que se considera el uso de pasadores, se determinó los resultados expuestos en la Tabla 4.23.

Tabla 4.23 Juntas de contracción.

Juntas transversales de contracción			Longitud máxima	
Profundidad junta	5.33	cm	25 veces el espesor de la losa	4 m
			Max. Espaciamiento	4.5 m
Ancho del paño			1.2*Ancho del paño	3.6 m
B	3	m	Longitud asumida	3.6 m

Fuente: Elaboración propia (2024).

En base a las recomendaciones, se toma juntas cada 3.6 metros cuidando el máximo espaciamiento de 4.5m, y una profundidad de corte en las juntas de 1/3 del espesor de la losa, es decir 5.4 cm en nuestro caso.

- **Juntas transversales de construcción**

Este tipo de juntas por otro lado hacen referencias a aquellas cuya función es la de dar continuidad a la superficie en el momento del colado, ya que permite realizar la losa por tramos constructivos, tomando en cuenta el movimiento longitudinal de la losa y su transferencia de carga, para ello se hace uso de las recomendaciones en la Tabla 4.24.

Tabla 4.24 Juntas de construcción.

Valores recomendados para seleccionar pasadores de carga			
Espesor de la losa (mm)	Diámetro del pasador (mm)	Longitud Total (mm)	Separación entre centros (mm)
0 - 100	13	250	300
110 - 130	16	300	
140 - 150	19	350	
160 - 180	22	350	
190 - 200	25	350	
210 - 230	29	400	
240 - 250	32	450	
260 - 280	35	450	
290 - 300	38	500	

Fuente: Montejo Fonseca (1998, p. 359).

En función de lo anterior se determinó que tratándose de una losa de 16cm de espesor, podemos asumir un $\varnothing = 7/8''$ para la varilla con una separación de 30cm y una longitud efectiva de 35cm.

- **Juntas longitudinales y barras de amare**

Para nuestra sección tipo de calzada, se plantean juntas paralelas a la línea central del pavimento, para controlar fisuraciones y agrietamiento, anclando los paños de losa

longitudinales mediante barras que mejoren la transmisión de cargas, para ello se usan las consideraciones expuestas en la Tabla 4.25.

Tabla 4.25 Juntas longitudinales.

Valores recomendados para barras de anclaje												
Espesor de la losa (cm)	Barras de ϕ 3/8"				Barras de ϕ 1/2"				Barras de ϕ 5/8"			
	Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)			Longitud (cm)	Separación entre barras según carril (cm)		
		3.05 m	3.35 m	3.65 m		3.05 m	3.35 m	3.65 m		3.05 m	3.35 m	3.65 m
Acero $f_y = 40.000$ psi, 248 Mpa												
19	45	80	75	65	60	120	120	120	70	120	120	120
17.5		70	60	55		120	110	100		120	120	120
20		60	55	50		105	100	90		120	120	120
22.5		55	50	45		55	85	80		120	120	120
25		45	45	40		85	80	70		120	120	120

Fuente: Montejo Fonseca (1998, p. 360).

En este tipo de juntas se dispone el uso de varillas con un $\phi = 1/2''$ con una separación de 1 metro, respetando el espaciado que se usa comúnmente en el encofrado, y una longitud por varilla de 60cm.

4.5 Parámetros para el diseño del pavimento flexible

4.5.1 Módulo de resiliencia

El módulo de resiliencia (MR) en los pavimentos flexibles hace referencia a la relación entre un esfuerzo y una deformación recuperable, que determina la rigidez de la subrasante natural del camino, para obtener este se hace uso de las correlaciones con los valores de CBR, para ello se usan los valores emitidos por la normativa nacional, en la Tabla 4.26.

Tabla 4.26 Módulo de resiliencia.

Expresión para M_R (lb/in ²)	CBR
$M_R=1500(CBR)$	<10%
$M_R=3000(CBR)^{0.65}$	<10% - <20%
$M_R=4326 \times \ln(CBR)+241$	Suelos Granulares

Fuente: Volumen 2B de la NEVI-12 - MTOP (2013).

En base al CBR de diseño y la correlación correspondiente se determinó un módulo de resiliencia $MR=30.10$ Mpa, que será un factor determinante para el espesor de las capas que componen la estructura del pavimento.

4.5.2 Coeficientes de drenaje, para pavimento flexible.

Tomando en cuenta que cada componente de la estructura del pavimento tendrá una capacidad drenante distinta, se toma en cuenta una situación desfavorable en cuanto al Cd, de modo que se toman los valores expuestos en la Tabla 4.27.

Tabla 4.27 *Coeficientes de drenaje para pavimento flexible.*

Cd Pavimento flexible	
Cd-Base (m2)	0.8
Cd-Sub Base (m3)	0.8
Cd- Carpeta Vieja	1
Cd- Carpeta-Nueva	1
Mejoramiento	0.8

Fuente: Elaboración propia (2024).

4.5.3 Coeficientes estructurales.

En cuanto a la estructura del pavimento, consideramos que cada material posee un coeficiente estructural que indicara el aporte del material para la transmisión de esfuerzos y resistencia ante las cargas impuestas, haciendo uso de los valores recomendados por la AASTHO la Tabla 4.38.

Tabla 4.28 *Coeficientes estructurales.*

Clase de Material	Normas	Coeficiente (cu)
Capa de Rodadura		
Concreto Asfáltico	EST. DE MARSHALL 1000-1800 LBS	0.134-0.173
Arena Asfáltica	EST. DE MARSHALL 500-800 LBS	0.079-0.118
Carpeta Bituminosa Mezclada en el Camino	EST. DE MARSHALL 300-600 LBS	0.059-0.098
Capa de Base		
Agregados Triturados Graduados Uniformemente	P.I. 0-4, CBR > 100%	0.047-0.055
Grava Graduada Uniformemente	P.I. 0-4, CBR > 30-80%	0.028-0.051
Concreto Asfáltico	EST. DE MARSHALL 1000-1800 LBS	0.098-0.138
Arena Asfáltica	EST. DE MARSHALL 500-800 LBS	0.059-0.098
Agregado Grueso Estabilizado con cemento	RESIST. A LA COMP. 28-46 KG/CM2	0.079-0.138
Agregado Grueso Estabilizado con cal	RESIST. A LA COMP. 7 KG/CM2	0.059-0.118

Clase de Material	Normas	Coefficiente (cu)
Suelo Cemento	RESIST. A LA COMP. 18-32 KG/CM2	0.047-0.079
Capa de Sub-Base		
Arena-Grava, graduada uniformemente	P.I. 0-6, CBR 30+%	0.035-0.043
Suelo-Cemento	RESIST. A LA COMP. 18-32 KG/CM2	0.059-0.071
Suelo-Cal	RESIST. A LA COMP. 5 KG/CM2	0.059-0.071
Mejoramiento de la Subrasante		
Arena o Suelo Seleccionado	P.I. 0-10	0.020-0.035
Suelo con Cal	3% MIN. DE CAL EN PESO DE LOS SUELOS	0.028-0.039
Tratamiento Superficial Bituminoso		
Triple Riego		0.4
Doble Riego		0.25
Simple Riego		0.15

Fuente: AASHTO (1993, p .22).

4.5.4 Número estructural

Referido a un número conceptual que expresa la resistencia estructural que tendrá un pavimento en base a su combinación de capas intermedias y relaciones de soporte, por lo que este valor tendrá que transformarse a sus espesores efectivos (Espinoza Correa, 2018); para ello se hace uso de la expresión de la AASHTO (1993, p. I-6), indicada a continuación.

Ecuación 4.8 *Número estructural*

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a_i = Coeficiente estructural de la capa

D_i = Espesor de la capa (cm)

m_i = Coeficiente de drenaje del material

En base a los valores recomendados se establecieron los valores de coeficientes estructurales que cumplan con el espesor y características buscados, para materiales de carpeta asfáltica, Base, Subbase, Mejoramiento y Subrasante, para con ello determinar el número estructural asignado a cada periodo de diseño, como se observa en las Tablas 4.29 y 4.30.

Tabla 4.29 SN periodo 2026-2036.

Primer Periodo 2026-2036				
Capas (cm)	Estructural	Drenaje (m)	Espesor (cm)	SN parcial
d1 Carpeta Asfáltica en Caliente	0.15	1	5	0.75
d2 Capa Base granular CBR=80%	0.11	0.8	15	1.32
d3 Capa Subbase CBR=30%	0.04	0.8	25	0.8
Mejoramiento	0.03	0.8	30	0.72
Σ			75	3.59
SN				3.59

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 4.30 SN periodo 2036-2046.

Segundo Periodo 2036-2046				
Capas (cm)	Estructural	Drenaje (m)	Espesor (cm)	SN parcial
d1 Carpeta Caliente-Sobre capa	0.15	1	4.5	0.675
d1 Carpeta Asfáltica Previa	0.12	1	2.5	0.3
d2 Capa Base granular CBR=80%	0.11	0.8	15	1.32
d3 Capa Subbase CBR=30%	0.04	0.8	25	0.8
Mejoramiento	0.03	0.8	30	0.72
Σ			77	3.815
SN				3.815

Fuente: Elaboración propia (2024).

4.5.5 Espesor de la carpeta asfáltica de pavimento flexible

En función de lograr un diseño en base a las características de la vía, se lleva a cabo un proceso similar al del pavimento rígido, haciendo uso de la metodología AASTHO 93, para la cual se iteran los valores que satisfagan la expresión dependiente de los ESALs y los parámetros que intervienen en el pavimento flexible, por medio de la Ecuación 4.9; extraída de la AASHTO (1993, p. I-5).

Ecuación 4.9 Diseño de pavimentos flexibles AASHTO 98

$$\text{Log}_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \text{Log}_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

W_{18} = Número de ejes equivalentes

Z_R = Nivel de confiabilidad

S_o = Desviación estandar combinada

$SN = \text{Número estructural}$

$\Delta PSI = \text{Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial } P_0 \text{ y el final } P_t$

$M_R = \text{Módulo de resiliencia}$

Los coeficientes y materiales se fueron añadiendo en base a la igualdad a resolver, determinando aquellos que nos permitan obtener capas componentes del pavimento con espesores manejables, de modo que se cuide el reducir en medida de lo posible las capas más costosas y mejorando las características de la subrasante, así en la Tabla 4.31 se muestran los espesores de la carpeta asfáltica resultante.

Tabla 4.31 *Espesor de la losa de pavimento asfáltico.*

Primer Periodo 2026-2036		
Relación $ESAL_S$ - Estructura		
5.649	=	5.653
Espesor determinado (mm)		50
Segundo Periodo 2036-2046		
Relación $ESAL_S$ - Estructura		
5.718	=	5.868
Espesor determinado (mm)		45

Fuente: Elaboración propia (2024).

4.6 Presupuesto teórico

Como obra de uso civil, se requiere analizar los costos y su relevancia en la viabilidad del proyecto, de este modo se determina un presupuesto para cada pavimento, según los resultados obtenidos en el estudio y los precios usados para la provincia del Azuay, considerando distintos rubros según el tipo de trabajo y alcance contemplado en los costos resultantes, cabe mencionar que el presupuesto se plantea con el fin de analizar y generar una comparativa entre los pavimentos, para lo cual se hace uso de los precios referenciales en el Portal de Compras Públicas.

Entre los incisos y cantidades consideradas, se hace uso de los resultados entregados en los distintos capítulos, representando en cantidades totales de los distintos materiales y mano de obra necesaria para la construcción, teniendo así que en el apartado de movimiento de tierras se hace uso de los volúmenes de corte entregados por el trazado en Civil 3D; también se utilizan cantidades de obra referentes

únicamente a los elementos y parámetros contemplados dentro del alcance del proyecto.

En el análisis de los distintos insumos se hace usando el orden empleado comúnmente en trabajos de pavimentación vial, partiendo con aquellos previos al emplazamiento de la infraestructura, para continuar con la compensación de volúmenes de tierras en base al diseño geométrico; finalizando con la instalación de la capa de rodadura y obras de señalética; referido a las Tablas 4.32 y 4.33, para pavimento rígido y flexible respectivamente.

Tabla 4.32 *Presupuesto para pavimento rígido.*

Ítem	Descripción del Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidades	Precio Total
1.1	Operaciones Preliminares				
1.01	Replanteo y nivelación de la vía	km	766.25	3.3	2528.625
1.02	Limpieza, Remoción de la capa vegetal	m ²	0.48	5400	2592
1.03	Desalojo de material	m ³	0.29	1080	313.2
1.04	Fresado del pavimento Asfáltico	m ³	10.19	720	7336.8
1.05	Trasporte del material sobrante (Fresado)	m ³	0.25	720	180
Σ				7923.3	12950.625
1.2	Movimiento de Tierras				
2.01	Excavación con retroexcavadora, material sin clasificar, cuchara 40cm	m ³	1.55	11590.39	17965.1045
2.02	Excavación manual, zanja de 0-2m, material sin clasificar	m ³	17.94	720	12916.8
2.03	Trasporte de material (hasta 6Km)	m ³	1.54	12310.39	18958.0006
Σ				24620.78	49839.91
1.3	Pavimento Rígido				
3.01	Humedecimiento de la rasante suelta de calzada	m ³	3.81	7920	30175.2
3.02	Cargado de Material con minicargadora	m ³	1.36	8910	12117.6
3.03	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m ²	1.28	19800	25344
3.04	Material de mejoramiento, puesto en obra	m ³	21.16	3960	83793.6
3.05	Material de base, puesto en obra	m ³	28.6	4950	141570
3.06	Encofrado metálico para vías	m	4.14	200	828
3.07	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm ²	kg	2.05	21546.136	44169.5788
3.08	Losa de pavimento de hormigón f'c= 280 kg/cm ²	m ³	136.9842	3168	433965.9456

Ítem	Descripción del Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidades	Precio Total
3.09	Curado de la superficie con aditivo químico	m ²	0.62	19800	12276
3.10	Junta de madera para losa de hormigón	m	2.3	3300	7590
3.11	Corte y sellado de juntas con poliuretano, incluye cordón e imprimante	m	3.95	8802	34767.9
Σ				102356.136	826597.8244
1.4	Drenaje (Obras de arte menor)				
4.01	Excavación para cunetas y encauzamiento a mano	m ³	16	950.4	15206.4
4.02	Relleno compactado con material de mejoramiento	m ³	33.83	475.2	16076.016
4.02	Hormigón cemento portland f'c= 180 kg/cm ²	m ³	21.16	1683	35612.28
4.03	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm ²	kg	2.05	12216.6	25044.03
4.04	Suministro, instalación, Malla electrosoldada 15 x 15 cm x 4 mm	m ²	3.26	2640	8606.4
Σ				17965.2	100545.126
1.5	Señalización				
5.01	Señalización vertical	u	130.75	8	1046
5.02	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15 cm	m	1.72	3300	5676
5.03	Pintura para pasos cebra	m ²	16.44	90	1479.6
Σ				3398	8201.6
1.6	Rubros para impactos ambientales				
6.01	Señalética para advertencia de obras y desvíos	u	27.78	3	83.34
6.02	Señalización con cinta	m	0.24	100	24
6.03	Letrero de información del proyecto	u	538.92	1	538.92
6.04	Suministro e instalación letrero preventivo/señal vertical 0.75x0.60x1.80 m	u	96.59	3	289.77
6.05	Bloques de hormigón para protección de vías	u	64.63	10	646.3
Σ				117	1582.33
Sub-Total					999717.41
IVA (15%)					149957.61
Total					1149675.02

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tabla 4.33 Presupuesto para pavimento flexible

Ítem	Descripción del Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidades	Precio Total
1,1	Operaciones Preliminares				
1,01	Replanteo y nivelación de la vía	km	766,25	3,3	2528,625
1,02	Limpieza, Remoción de la capa vegetal	m2	0,48	5400	2592
1,03	Desalojo de material	m3	0,29	1080	313,2

Ítem	Descripción del Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidades	Precio Total
1,04	Fresado del pavimento Asfáltico	m3	10,19	720	7336,8
1,05	Trasporte del material sobrante (Fresado)	m3	0,25	720	180
Σ				7923,3	12950,625
1,2	Movimiento de Tierras				
2,01	Excavación con retroexcavadora, material sin clasificar, cuchara 40cm	m3	1,55	11590,39	17965,1045
2,02	Excavación manual, zanja de 0-2m, material sin clasificar	m3	17,94	720,00	12916,8
2,03	Trasporte de material (hasta 6Km)	m3	1,54	12310,39	18958,0006
Σ				24620,78	49839,91
1,3	Pavimento Asfáltico				
3,01	Humedecimiento de la rasante suelta de calzada	m3	3,81	7920	30175,2
3,02	Cargado de Material con minicargadora	m3	1,36	13860	18849,6
3,03	Subrasante conformación y compactación con equipo pesado	m2	1,28	19800	25344
3,04	Material de mejoramiento, puesto en obra	m3	21,16	5940	125690,4
3,05	Material de Sub-base, puesto en obra	m3	27,02	4950	133749
3,06	Base cemento mezclada, tendida y compactada con equipo pesado	m3	31,94	2970	94861,8
3,07	Asfalto para riego de adherencia	m2	1,53	19800	30294
3,08	Carpeta asfáltica (e=2") Ho Asf. mezclado en planta	m2	8,2	990	8118
3,09	Imprimación asfáltica con barrido mecánico	m2	0,88	19800	17424
Σ				96030	484506
1,4	Drenaje (Obras de arte menor)				
4,01	Excavación para cunetas y encauzamiento a mano	m3	16	950,4	15206,4
4,02	Relleno compactado con material de mejoramiento	m3	33,83	475,2	16076,016
4,02	Hormigón cemento portland f'c= 180 kg/cm2	m3	21,16	1683	35612,28
4,03	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	kg	2,05	12216,6	25044,03
4,04	Suministro, instalación, Malla electrosoldada 15 x 15 cm x 4 mm	m2	3,26	2640	8606,4
Σ				17965,2	100545,126
1,5	Señalización				
5,01	Señalización vertical	u	130,75	8	1046
5,02	Pintura para señalización de tráfico, manual, franja de hasta 15 cm	m	1,72	3300	5676
5,03	Pintura para pasos cebra	m2	16,44	90	1479,6

Ítem	Descripción del Rubro	Unidad	Precio Unitario	Cantidades	Precio Total
Σ				3398	8201,6
1,6	Rubros para impactos ambientales				
6,01	Señalética para advertencia de obras y desvíos	u	27,78	3	83,34
6,02	Señalización con cinta	m	0,24	100	24
6,03	Letrero de información del proyecto	u	538,92	1	538,92
6,04	Suministro e instalación letrero preventivo/señal vertical 0.75x0.60x1.80 m	u	96,59	3	289,77
6,05	Bloques de hormigón para protección de vías	u	64,63	10	646,3
Σ				117	1582,33
Sub-Total					657625,59
IVA (15%)					98643,84
Total					756269,42

Fuente: Elaboración propia (2024).

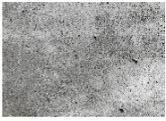
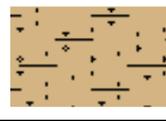
4.7 Discusión de resultados

Para los estudios realizados en este capítulo, se muestra de manera general los resultados obtenidos en el diseño del pavimento rígido y flexible, concebidos usando el método AASTHO, así como recomendaciones y consideraciones extraídas de la normativa nacional, buscando proponer una solución que se acople a las necesidades y características de la vía en estudio.

4.7.1 Resultados pavimento rígido

Conociendo la alta durabilidad y prestaciones en el uso del pavimento rígido, se buscó el reducir el espesor de la capa de hormigón, para lo cual se mejoró las características de la subrasante con material de mejoramiento y el empleo de un suelo cemento para mejorar los módulos de reacción (K_c), cabe destacar que el costo de un pavimento rígido respecto a un flexible es superior, pero como solución a largo plazo resulta en un menor número de mantenimientos por lo cual sería una opción viable en caso de disponer de los recursos necesarios, en la Tabla 4.34, se ilustran las capas componentes del pavimento.

Tabla 4.34 Resultados - pavimento rígido.

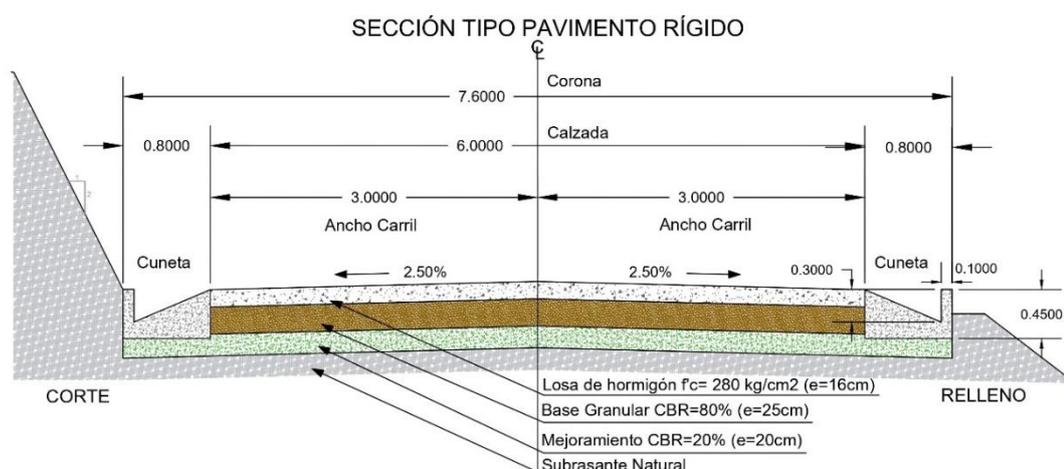
Capas componentes del Pavimento Rígido		
Descripción	Espesor (mm)	Capa
Capa de Hormigón hidráulico $f_c=280 \text{ Kg/cm}^2$	160	
Base Granular CBR=80%	250	
Material de Mejoramiento CBR=20%	200	
Subrasante Mejorada CBR=6%	--	

Fuente: Elaboración propia (2024).

El diseño se concibió teniendo en cuenta una calidad de drenaje mala (Cd), así como el uso de pasadores para mejorar la transferencia de carga (J) en la calzada, buscando reducir espesores, por lo que se podría pensar en mejorar la calidad de drenaje en la vía y prescindir del uso de pasadores, ya que podrían repercutir en la viabilidad económica, de un pavimento respecto a otro.

Para el territorio nacional, existe cierta la incertidumbre en la predicción de la variabilidad del tráfico, así como los cambios ambientales y geológicos de muchas zonas, por lo cual puede presentar cierto criterio al momento de elegir las capas y componentes de la sección de un pavimento, ya que se debería profundizar en los estudios si se desea optimizar recursos, de modo que se ilustra a continuación la sección típica que se considera en la vía.

Ilustración 4.4 Sección típica - pavimento rígido.



Fuente: Elaboración propia (2024).

4.7.2 Resultados pavimento flexible

Para este pavimento, se buscó reducir los espesores de las capas más costosas, como lo es la capa de pavimento asfáltico, ya que tiene un alto porcentaje de incidencia en el costo, por lo cual se hace uso de los coeficientes estructurales (a), mejorando las características del suelo natural; empleando mejoramiento y capas de base estabilizada con cemento, reduciendo significativamente las capas de rodadura y base granular, los espesores y capas compones resultantes se muestran en la Tabla 4.35.

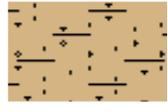
Tabla 4.35 Resultados primer periodo - pavimento flexible.

Primer Periodo 2026-2036		
Capas componentes del Pavimento Flexible		
Descripción	Espesor (mm)	Capa
Carpeta Asfáltica en Caliente (Nueva Capa)	50	
Base Granular Estabilizada con Cemento	150	
Sub-base CBR=30%	250	
Mejoramiento	300	
Subrasante Natural CBR=2.91%	--	

Fuente: Elaboración propia (2024).

Tomando en cuenta que la durabilidad del pavimento asfáltico respecto al rígido es menor y no se puede garantizar la mejor mezcla y calidad de los agregados en el medio, el pavimento se lo contempla para dos periodos de diseño, tomando para el segundo periodo un recapeo, manteniendo las capas anteriores de la subestructura, y por medio de un ligante aplicar la nueva capa de asfalto; tomando la capa anterior con cierto aporte estructural, de este modo se tiene los resultados para el segundo periodo en la Tabla 4.36.

Tabla 4.36 Resultados segundo periodo - pavimento flexible.

Segundo Periodo 2036-2046		
Capas componentes del Pavimento Flexible		
Descripción	Espesor (mm)	Capa
Carpeta Asfáltica en Caliente (Sobre capa)	45	
Carpeta Asfáltica en Caliente (Previa)	25	
Base Granular Estabilizada con Cemento	150	
Sub-base CBR=30%	250	
Mejoramiento	300	
Subrasante Natural CBR=2.91%	--	

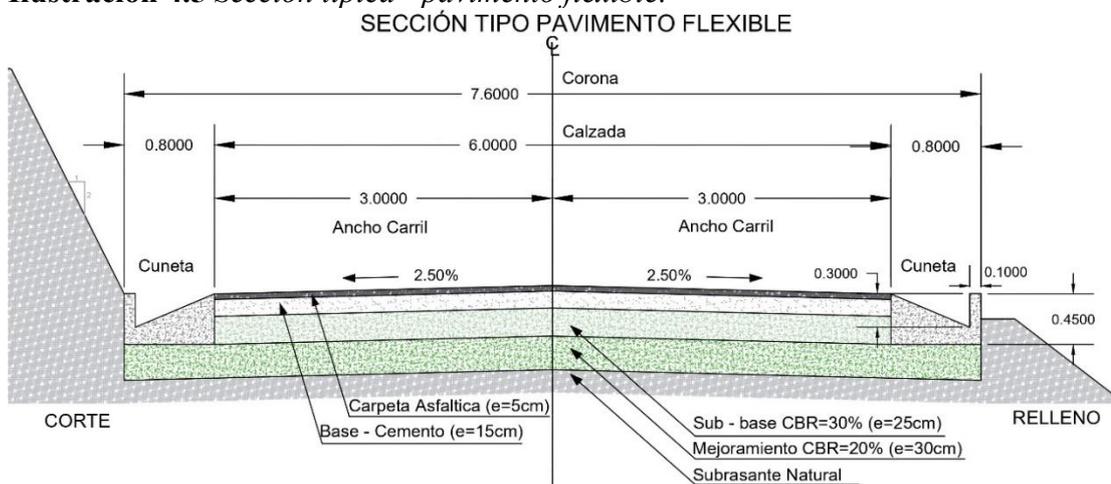
Fuente: Elaboración propia (2024).

Pese a que inicialmente se tenía contemplado el hacer uso de la capa de doble tratamiento superficial bituminoso existente como aporte estructural, las características de la subrasante y las modelaciones del tráfico no permiten tomar esta como una opción viable en cuanto al costo a largo plazo, por lo que se optó por realizar una mejora en los materiales que componen la subestructura.

En las normativas se recomienda el uso de capas de base, subbase y mejoramiento con espesores que varían en función de las características de la subrasante, y considerando

condiciones desfavorables de drenaje (Cd), esto para mejorar la incidencia del costo general del pavimento, resultando en una opción más viable en la mayoría de los casos, de este modo se ilustra la sección típica obtenida para pavimento flexible.

Ilustración 4.5 *Sección típica - pavimento flexible.*



Fuente: Elaboración propia (2024).

4.7.3 Análisis de Resultados

Para el caso de ambos pavimentos, se debe establecer de manera adecuada los coeficientes de drenaje (Cd), más adecuados para las características hidrológicas y climáticas de la zona, así como el mejoramiento de la subrasante con un material que no tenga gran incidencia en el costo final y asegurar en medida de lo posible que los materiales a usarse cumplan con las especificaciones mínimas emitidas por la normativa nacional.

Con base al presupuesto realizado, se determinó que pese a ser una opción con múltiples ventajas en cuanto a movilidad y mantenimiento, el pavimento rígido como capa de rodadura no es factible, resultando en mayores costos y cantidad de materiales, requiriendo de un estudio a profundidad de la situación de la vía para poder llegar a considerarlo como una opción viable a largo plazo.

El pavimento flexible resultó en un menor costo general, considerando dos periodos de diseño, por lo cual sería el aplicable para la vía, cuidado el empleo de materiales que permitan tener un nivel de calidad acorde a los valores considerados en el diseño y manteniendo las condiciones de drenaje en dependencia del espesor para las capas determinadas; para la etapa de estudios preliminares y construcción, así como para los mantenimientos posteriores.

CONCLUSIONES

En el estudio realizado para la vía se tomaron consideraciones y procedimientos enunciados en las normativas nacionales e internacionales, de donde se establece los lineamientos que se usaron para poder obtener el diseño y dimensionamiento acorde a las características físicas, geométricas y parámetros sociales de la vía Cesar Andrade y Cordero, para la cual se generó una propuesta técnica en el apartado geométrico y de pavimentos, que sirva de base para la toma de decisiones y la facilitación en trabajos posteriores.

Se recogieron datos sobre tráfico, topografía y geotecnia, correspondiente al Capítulo II, del cual se evaluó la incidencia del tráfico en la vía resaltando aquellos patrones y volúmenes significativos para la caracterización de la vía como una de Clase IV, así como los relieves, pendientes y morfología en su estado actual, relacionándolo con el estudio de suelos, un indicativo principal de las áreas con composición y resistencia relevantes para trabajos posteriores.

Para la vía se realizó el diseño geométrico de manera integral para los 3.3 km, cumpliendo con los estándares y requisitos de las normativas vigentes, con un diseño enfocado a mejorar el estado actual de la vía sin comprometer el trazado previo, prestando especial cuidado en evitar generar volúmenes y movimientos de tierra que puedan tener un impacto ambiental y económico significativo, así como mantener distancias, parámetros y características que procuren la seguridad de los usuarios.

El diseño de pavimentos se elaboró acoplándose a las características del suelo existente en base a las recomendaciones técnicas del medio, generando así capas de pavimento que consideran la repercusión del entorno y los materiales en el costo del proyecto, limitando el presupuesto hacia el alcance inicial; contemplado precios actuales, mano de obra, técnicas constructivas y componentes complementarios, resultando en un precio total de \$ 1149675.02 para pavimento rígido y \$756269.42 en el caso del pavimento flexible.

RECOMENDACIONES

Dentro de proceso de levantamiento de información se determinó que la zona norte de la vía no cuenta con trabajos de alcantarillado sanitario, por lo cual se debe tomar como punto de partida aquellas conexiones previas que permitan llevar a cabo trabajos de hidrosanitaria que complementen la pavimentación de la vía, así como elaborar los diseños necesarios conjuntamente al diseño geométrico y de pavimentos por posibles modificaciones.

En el estudio y ensayos realizados de las calicatas, se caracterizó la subrasante natural como una con propiedades pobres, por lo que se requiere recomponer o mejorar el suelo previo a los trabajos de pavimentación, recomendando el uso de un suelo cemento o remplazo de material, en función de mejorar el CBR y optimizar el diseño en base a las posibilidades económicas del proyecto.

Dentro del alcance del estudio no se contempló la posibilidad de profundizar en el diseño de cunetas, por lo cual se recomienda realizar los estudios hidrológicos e hidráulicos que generen un diseño de cuneta que pueda hacer frente a los agentes del intemperismo, por medio de secciones y materiales adecuados para el tipo de proyecto.

Como parte de los trabajos complementarios, se recomienda un estudio para colocar señalética y elementos idóneos para la vía, ya que se evidencio la existencia de numerosos centros de educación y salidas de maquinaria, aspirando a cuidar la seguridad de los usuarios mediante señalética preventiva o de advertencia a lo largo de los 3.3 km de vía.

REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*.
https://books.google.com/books/about/AASHTO_Guide_for_Design_of_Pavement_Stru.html?id=1HRB12tBQNMCM
- ACI Committee 230. (2009). ACI 230.1R-90: Report on Soil Cement (Reapproved 1997). In *Byulleten Eksperimentalnoi Biologii i Meditsiny* (Vol. 76, Issue 7).
<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/5120>
- ACI Committee 318. (2011). ACI 318M-11: Metric Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. In *Technical Documents*.
<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&id=51683326>
- ACI Committee 330. (2008). ACI 330R-08: Guide for the Design and Construction of Concrete Parking Lots. In *Concrete* (Issue Reapproved).
<https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal.aspx?m=details&id=19851>
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil*. McGraw-Hill Latinoamericana.
https://www.google.com.ec/books/edition/Manual_de_laboratorio_de_suelo_en_ingeni/e8tsPgAACAAJ?hl=es-419
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas James. (2018). *Ingeniería de Tránsito. Fundamentos y aplicaciones* (Grillo Marcelo, Ed.; Novena). Alfaomega Colombiana S.A.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras* (Ecoe Ediciones, Ed.; Segunda). Ecoe Ediciones.
https://www.google.com.ec/books/edition/Dise%C3%B1o_geom%C3%A9trico_de_carreteras/1t03DgAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=0
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (CENGAGE Learning, Ed.). Thomson Learnig.

https://www.google.com.ec/books/edition/Fundamentos_de_ingenier%C3%ADaDa_geot%C3%A9cnica/r2ODVVr0r_4C?hl=es-419

EPpetroecuador. (2024). *Informe Estadístico Enero-Diciembre 2023*.

<https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/01/INFORME-ESTADISTICO-DICIEMBRE-2023.pdf>

Espinoza Correa, L. E. (2018). *Análisis de alternativas en el diseño de pavimentos flexibles y rígidos por el método AASHTO 93*

[BachelorThesis, Universidad de Cuenca].

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30348>

GAD Municipal de Cuenca. (2015). *Plan de Movilidad y Espacios Públicos*

2015 - 2025. <https://www.cuenca.gob.ec/content/plan-de-movilidad>

Gómez Gómez, A. L., & Medina Romero, J. A. (2018). *Modelos de generación de viajes motivo Estudio: caso universidad de la costa* [

Trabajo de grado - Pregrado, Universidad de la costa C.U,C].

<https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/1975>

Jim Riesterer. (2008). UTM - Universal Transverse Mercator Geographic

Coordinate System. *Geospatial Training and Analysis Cooperative*, 3.

<https://acortar.link/1GOLhv>

Montejo Fonseca, Alfonso. (1998). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*

(S. Valbuena de Fierro & Universidad Católica de Colombia, Eds.;

Segunda). Universidad Católica de Colombia.

https://www.google.com.ec/books/edition/_/DHFmPAAACAAJ?hl=es-419&kptab=overview

MOP. (2002). *MOP-001-F 2002 Especificaciones Generales Para la*

Construcción de Caminos y Puentes. <https://acortar.link/GaHjTL>

MTOP. (2003). *Normas de Diseño Geométrico de Carreteras*. Ministerio de

Trasporte y Obras Públicas.

NEVI-12 - MTOP. (2013). *Norma Para Estudios y Diseños Viales*.

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

content/uploads/downloads/2013/12/01-12-2013_Manual_NEVI-
12_VOLUMEN_2A.pdf

ANEXOS

ANEXO I

Estudio de Tráfico

Anexo 1.1 Coteo manual para la vía Cesar Andrade y Cordero

Coteo Manual de la Vía Cesar Andrade y Cordero												
Fecha:		Martes 6 de febrero del 2024										
HORAS		Tipologías de Vehículos									Sumatoria	
		LIVIANOS		Buses	CAMIONES					VOLQUETAS		Retro
		Vehículos	Camionetas, Busetas y Sus		2D	2DA	2DB	3A	2S2	V3A		
												
6:00	6:15	12	10	7		2	1					32
6:15	6:30	18	16									34
6:30	6:45	37	23			1				1		62
6:45	7:00	34	33	2		1	1					71
7:00	7:15	46	38	3		3	3			1		94
7:15	7:30	63	49	3		2				1	1	119
7:30	7:45	56	102	3		2	1				1	165
7:45	8:00	88	141	2		2	1			1		235
8:00	8:15	22	25	3		3	1			1		55
8:15	8:30	18	27	2		2	2			1		52
8:30	8:45	15	22	1			2					40
8:45	9:00	24	21	2		3	2					52
9:00	9:15	21	21	4	1	1						48
9:15	9:30	14	11	2	2	1				2		32
9:30	9:45	16	24		1	1						42
9:45	10:00	11	14		4							29
10:00	10:15	19	17	2	2	3						43
10:15	10:30	9	12	2	1	2				1		27
10:30	10:45	10	15	2	2	3				1		33
10:45	11:00	14	15	2		4				1		36
11:00	11:15	14	17	2	1	1				1		36
11:15	11:30	13	18			5						36
11:30	11:45	10	11	2	4							27
11:45	12:00	10	13		3					1		27
12:00	12:15	17	16		3	2				1		39
12:15	12:30	30	29		7					1		67

Censo Manual de la Vía Cesar Andrade y Cordero

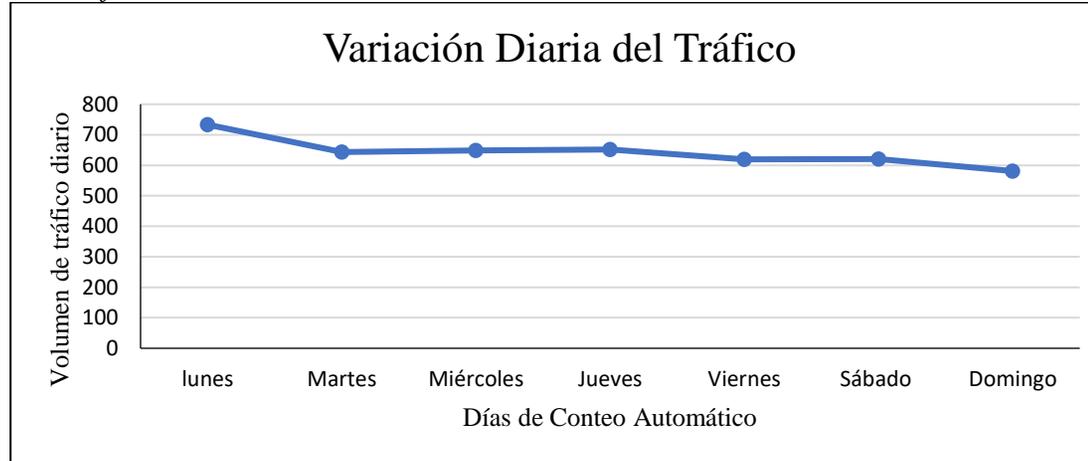
Fecha:

Martes 6 de febrero del 2024

Tipologías de Vehículos

HORAS	Tipologías de Vehículos										Sumatoria	
	LIVIANOS		Buses	CAMIONES					VOLQUETAS	Retro		
	Vehículos	Camionetas, Busetas y Sus		2D	2DA	2DB	3A	2S2	V3A			
												
12:30	12:45	33	40		2	1						76
12:45	13:00	31	38		3					1		73
13:00	13:15	36	47	1	1							85
13:15	13:30	30	97	1	2	1	2					133
13:30	13:45	22	62			3	1			1		89
13:45	14:00	22	25			3	2			1		53
14:00	14:15	13	31			3	1			1		49
14:15	14:30	15	23			1	4			1		44
14:30	14:45	13	21			1	3			1		39
14:45	15:00	12	18			1	1					32
15:00	15:15	12	17				3				2	34
15:15	15:30	20	12				3			1		36
15:30	15:45	13	34			2	2			1		52
15:45	16:00	10	15			1	2			2		30
16:00	16:15	9	25		1							35
16:15	16:30	12	15			2	3	1				33
16:30	16:45	4	14		1		1		1			21
16:45	17:00	9	14				2			2		27
17:00	17:15	17	22		1	1	1			2		44
17:15	17:30	14	17	1	1	1	1					35
17:30	17:45	17	16			2	1					36
17:45	18:00	22	24			1	2			1		50
SUMATORIA		1027	1367	49	43	68	49	3	1	28	4	2639
		TOTAL, LIVIANOS		TOTAL, BUSES	TOTAL, PESADOS (camiones)							
		2394		49	196							

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 1.2 Variación diaria del tráfico

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 1.4 Tráfico futuro según la tipología vehicular

Tráfico Futuro - Según tipología vehicular											
Tráfico Futuro (TF) Periodo		Automóviles	Camionetas / SUV's	Buses	Camión 2D	Camión 2DA	Camión 2DB	Camión 3A	Camión 2S2	Volqueta V3A	Total
2023 (TA)		307	409	15	13	20	16	1	0	8	789
2023	2024	376	538	19	17	25	20	1	0	3	999
2024	2025	416	557	19	17	25	20	1	0	11	1066
2025	2026	429	574	19	17	26	20	1	0	11	1097
2026	2030	486	650	20	18	26	21	1	0	12	1234
2030	2035	557	745	21	19	28	22	1	0	12	1405
2035	2036	570	763	21	19	28	22	1	0	12	1436
2036	2040	627	839	22	20	29	24	1	0	12	1574
2040	2045	694	928	23	20	29	24	1	0	13	1732
2045	2046	706	944	23	21	30	25	1	0	13	1763

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 1.3 TPDA futuro para livianos buses y camiones

TPDA PARA 2046											
Livianos		Buses			Camiones						
Tráfico Actual											
Trafico Atraído (Tat)	41	Trafico Atraído (Tat)	1	Trafico Atraído (Tat)	3						
Tráfico Existente (TE)	676	Tráfico Existente (TE)	14	Tráfico Existente (TE)	55						
Tráfico Actual (TA)	717	Tráfico Actual (TA)	15	Tráfico Actual (TA)	58						
Tráfico Futuro											
Crecimiento Normal del Tráfico (CNT)	2023	717	0	Crecimiento Normal del Tráfico (CNT)	2023	15	0	Crecimiento Normal del Tráfico (CNT)	2023	58	0
	2025	781	64		2025	15	0		2025	59	1
	2030	945	228		2030	16	1		2030	62	4
	2035	1111	394		2035	17	2		2035	65	7
	2040	1274	557		2040	18	3		2040	68	10
	2045	1430	713		2045	19	4		2045	71	13
	2046	1459	742		2046	19	4		2046	72	14
Tránsito Generado (TG)	143	Tránsito Generado (TG)	3	Tránsito Generado (TG)	12						
Tránsito Desarrollado (TD)	50	Tránsito Desarrollado (TD)	1	Tránsito Desarrollado (TD)	4						
Incremento del Tránsito (IT)	935	Incremento del Tránsito (IT)	8	Incremento del Tránsito (IT)	30						
Factor de Proyección (FP)	2,304	Factor de Proyección (FP)	1,533	Factor de Proyección (FP)	1,517						
Tráfico Futuro (TF)	1652	Tráfico Futuro (TF)	23	Tráfico Futuro (TF)	88						
Livianos	1652	Buses	23	Camiones	88						
TPDA Diseño	1763										

Fuente: Elaboración propia (2024).

ANEXO II

Estudio de Suelos

Anexo 2.1 Ensayo para la determinación del contenido de humedad

Contenido de Humedad Natural			
Descripción	Calicata N°1		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Masa del recipiente (g)	260	264	264
Recipiente + suelo húmedo (g)	760	764	764
Masa del recipiente + suelo seco (g)	719	728	685
Masa del agua (g)	41	36	79
Masa del suelo seco (g)	459	464	421
Contenido de agua (%)	8,93%	7,76%	18,76%

Contenido de Humedad Natural			
Descripción	Calicata N°2		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Masa del recipiente (g)	269	276	248
Recipiente + suelo húmedo (g)	769	776	748
Masa del recipiente + suelo seco (g)	669	704	673
Masa del agua (g)	100	72	75
Masa del suelo seco (g)	400	428	425
Contenido de agua (%)	25,00%	16,82%	17,65%

Contenido de Humedad Natural			
Descripción	Calicata N°3		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Masa del recipiente (g)	253	255	260
Recipiente + suelo húmedo (g)	753	755	760
Masa del recipiente + suelo seco (g)	689	687	684
Masa del agua (g)	64	68	76
Masa del suelo seco (g)	436	432	424
Contenido de agua (%)	14,68%	15,74%	17,92%

Contenido de Humedad Natural			
Descripción	Calicata N°4		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Masa del recipiente (g)	256	74	71
Recipiente + suelo húmedo (g)	756	574	571
Masa del recipiente + suelo seco (g)	632	451	441
Masa del agua (g)	124	123	130
Masa del suelo seco (g)	376	377	370
Contenido de agua (%)	32,98%	32,63%	35,14%

Contenido de Humedad Natural			
Descripción	Calicata N°5		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Masa del recipiente (g)	70	100	121
Recipiente + suelo húmedo (g)	570	600	621
Masa del recipiente + suelo seco (g)	390	421	419
Masa del agua (g)	180	179	202
Masa del suelo seco (g)	320	321	298
Contenido de agua (%)	56,25%	55,76%	67,79%

Contenido de Humedad Natural			
Descripción	Calicata N°6		
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Masa del recipiente (g)	46	61	48
Recipiente + suelo húmedo (g)	546	561	548
Masa del recipiente + suelo seco (g)	448	455	444
Masa del agua (g)	98	106	104
Masa del suelo seco (g)	402	394	396
Contenido de agua (%)	24,38%	26,90%	26,26%

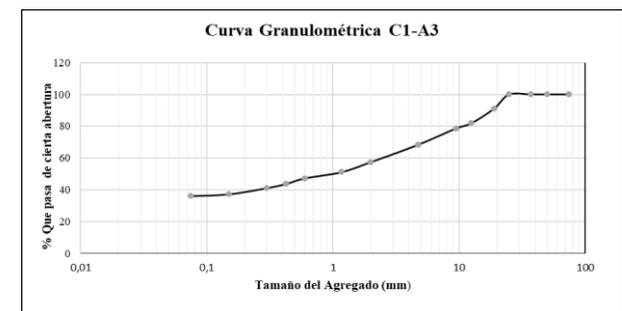
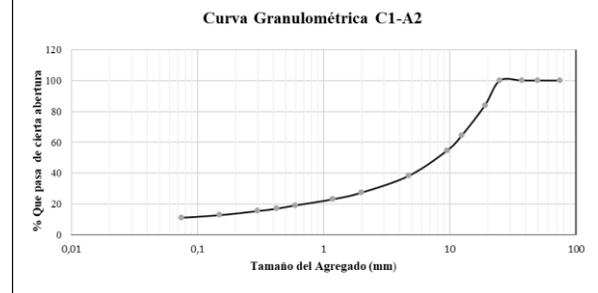
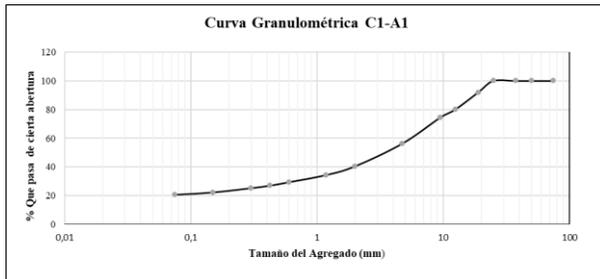
Fuente: Elaboración propia (2024)

Anexo 2.2 Análisis granulométrico calicata #1

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #1 - Estrato A1					
Profundidad	0.50 m					
Abscisa	0+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	59,22	59,22	8	8	92
1/2	12,5	88,97	148,19	12,02	20,02	79,98
3/8	9,5	41,44	189,63	5,6	25,62	74,38
N° 4	4,75	135	324,63	18,24	43,86	56,14
N°10	2	117,49	442,12	15,87	59,73	40,27
N° 16	1,18	45,06	487,18	6,09	65,82	34,18
N° 30	0,6	36,83	524,01	4,98	70,8	29,2
N°40	0,425	17,76	541,77	2,4	73,2	26,8
N°50	0,3	12,94	554,71	1,75	74,95	25,05
N°100	0,15	22,13	576,84	2,99	77,94	22,06
N°200	0,075	12,07	588,91	1,63	79,57	20,43
Masa pasa N°200	4,28	593,19	0,58	80,15	19,85	
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	740,18	gr	% Grava	43,86		
Masa seca después del lavado	594,66	gr	% Arena	36,48		
Masa que pasa el tamiz N°200	145,52	gr	% Finos	19,66		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A2-6 GRAVA Y ARENA LIMOSA					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #1 - Estrato A2					
Profundidad	1.00 m					
Abscisa	0+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	37,98	37,98	5,58	5,58	100
3/4	19	72,35	110,33	10,63	16,21	83,79
1/2	12,5	131,34	241,67	19,3	35,51	64,49
3/8	9,5	67,61	309,28	9,94	45,45	54,55
N° 4	4,75	110,25	419,53	16,2	61,65	38,35
N°10	2	74,11	493,64	10,89	72,54	27,46
N° 16	1,18	29,35	522,99	4,31	76,85	23,15
N° 30	0,6	26,81	549,8	3,94	80,79	19,21
N°40	0,425	14,46	564,26	2,12	82,91	17,09
N°50	0,3	10,54	574,8	1,55	84,46	15,54
N°100	0,15	18,03	592,83	2,65	87,11	12,89
N°200	0,075	11,31	604,14	1,66	88,77	11,23
Masa pasa N°200	1,89	606,03	0,28	89,05	10,95	
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	680,482152	gr	% Grava	61,65		
Masa seca después del lavado	606	gr	% Arena	27,4		
Masa que pasa el tamiz N°200	74,482152	gr	% Finos	10,95		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SP-SC ARCILLA LIMOSA Y GRAVA					
AASHTO	A2-4 GRAVA Y ARENA LIMOSA					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #1 - Estrato A3					
Profundidad	1.50 m					
Abscisa	0+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	46,49	46,49	7,69	7,69	100
3/4	19	7,71	54,2	1,28	8,97	91,03
1/2	12,5	56,22	110,42	9,3	18,27	81,73
3/8	9,5	19,05	129,47	3,15	21,42	78,58
N° 4	4,75	62,26	191,73	10,3	31,72	68,28
N°10	2	66,31	258,04	10,97	42,69	57,31
N° 16	1,18	37,76	295,8	6,25	48,94	51,06
N° 30	0,6	23,95	319,75	3,96	52,9	47,1
N°40	0,425	21,52	341,27	3,56	56,46	43,54
N°50	0,3	15,71	356,98	2,6	59,06	40,94
N°100	0,15	23,54	380,52	3,9	62,96	37,04
N°200	0,075	6,88	387,4	1,14	64,1	35,9
Masa pasa N°200	2,37	389,77	0,39	64,49	35,51	
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	604,352484	gr	% Grava	31,72		
Masa seca después del lavado	390	gr	% Arena	32,81		
Masa que pasa el tamiz N°200	214,352484	gr	% Finos	35,47		
Clasificación de Suelos						
SUCS	GC GRAVA ARCILLOSA CON ARENA					
AASHTO	A4 LIMOSO					



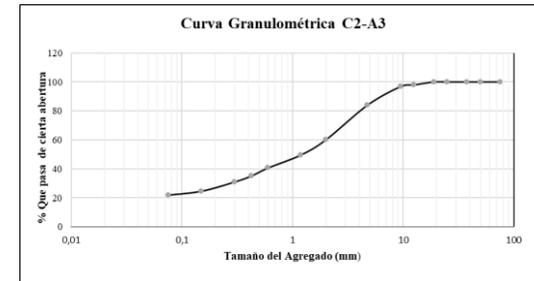
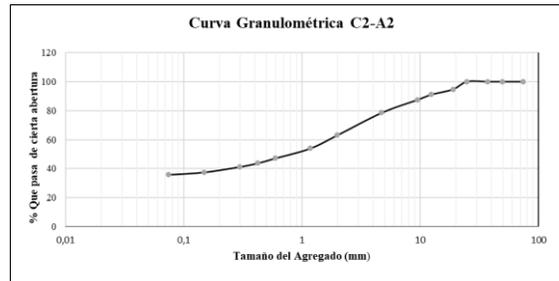
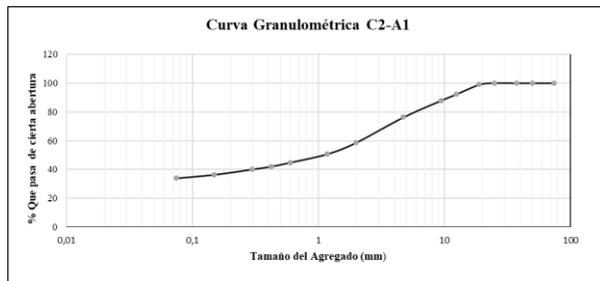
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.3 Análisis granulométrico calicata #2

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #2 - Estrato A1					
Profundidad	0.50 m					
Abscisa	0+500					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	7,91	7,91	1,09	1,09	98,91
1/2	12,5	48,69	56,6	6,73	7,82	92,18
3/8	9,5	31,27	87,87	4,32	12,14	87,86
N° 4	4,75	84,85	172,72	11,73	23,87	76,13
N°10	2	128,13	300,85	17,71	41,58	58,42
N° 16	1,18	57,21	358,06	7,91	49,49	50,51
N° 30	0,6	42,82	400,88	5,92	55,41	44,59
N°40	0,425	19,77	420,65	2,73	58,14	41,86
N°50	0,3	14,74	435,39	2,04	60,18	39,82
N°100	0,15	26,67	462,06	3,69	63,87	36,13
N°200	0,075	17,87	479,93	2,47	66,34	33,66
Masa pasa N°200		3,2	483,13	0,44	66,78	33,22
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	723,57	gr	% Grava	23,87		
Masa seca después del lavado	485,35	gr	% Arena	43,21		
Masa que pasa el tamiz N°200	238,22	gr	% Finos	32,92		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A2-7 GRAVA Y ARENA LIMOSA					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #2 - Estrato A2					
Profundidad	1.00 m					
Abscisa	0+500					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	26,1	26,1	3,37	3,37	100
3/4	19	15,24	41,34	1,97	5,34	94,66
1/2	12,5	27,96	69,3	3,61	8,95	91,05
3/8	9,5	28,36	97,66	3,66	12,61	87,39
N° 4	4,75	69,04	166,7	8,91	21,52	78,48
N°10	2	120,29	286,99	15,52	37,04	62,96
N° 16	1,18	70,86	357,85	9,14	46,18	53,82
N° 30	0,6	52,67	410,52	6,79	52,97	47,03
N°40	0,425	26,46	436,98	3,41	56,38	43,62
N°50	0,3	19,37	456,35	2,5	58,88	41,12
N°100	0,15	28,96	485,31	3,74	62,62	37,38
N°200	0,075	13,21	498,52	1,7	64,32	35,68
Masa pasa N°200		1,5	500,02	0,19	64,51	35,49
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	775,288226	gr	% Grava	21,52		
Masa seca después del lavado	501	gr	% Arena	43,1		
Masa que pasa el tamiz N°200	274,288226	gr	% Finos	35,38		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A2-7 GRAVA Y ARENA LIMOSA					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #2 - Estrato A3					
Profundidad	1.50 m					
Abscisa	0+500					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	0	100
1/2	12,5	12,62	12,62	2,05	2,05	97,95
3/8	9,5	6,68	19,3	1,09	3,14	96,86
N° 4	4,75	78,86	98,16	12,83	15,97	84,03
N°10	2	147,12	245,28	23,93	39,9	60,1
N° 16	1,18	65,36	310,64	10,63	50,53	49,47
N° 30	0,6	54,27	364,91	8,83	59,36	40,64
N°40	0,425	33,83	398,74	5,5	64,86	35,14
N°50	0,3	25,57	424,31	4,16	69,02	30,98
N°100	0,15	39,42	463,73	6,41	75,43	24,57
N°200	0,075	16,73	480,46	2,72	78,15	21,85
Masa pasa N°200		3,12	483,58	0,51	78,66	21,34
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	614,767455	gr	% Grava	15,97		
Masa seca después del lavado	484	gr	% Arena	62,76		
Masa que pasa el tamiz N°200	130,767455	gr	% Finos	21,27		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A2-7 GRAVA Y ARENA LIMOSA					



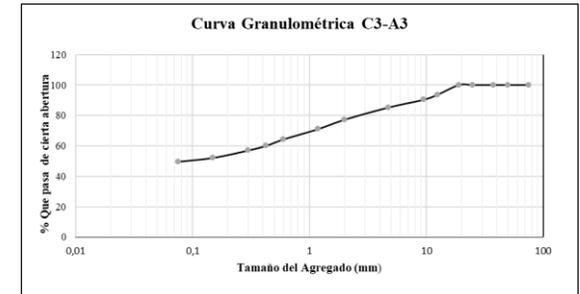
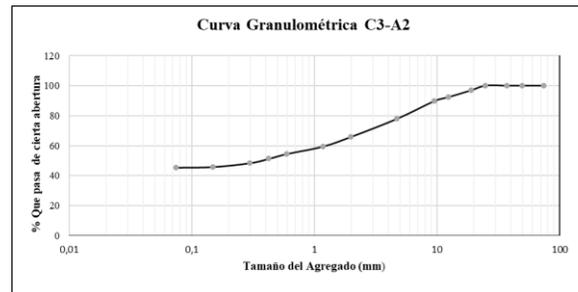
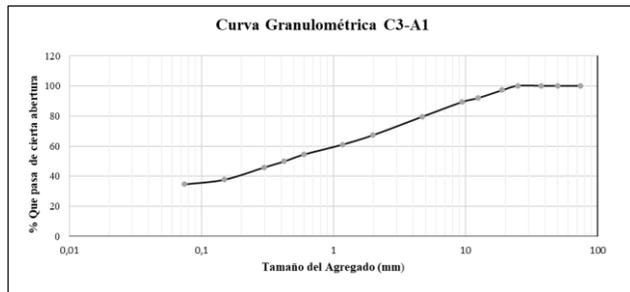
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.4 Análisis granulométrico calicata #3

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #3 - Estrato A1					
Profundidad	0.50 m					
Abscisa	1+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	18,64	18,64	2,94	2,94	97,06
1/2	12,5	33	51,64	5,2	8,14	91,86
3/8	9,5	16,39	68,03	2,58	10,72	89,28
N° 4	4,75	61,8	129,83	9,74	20,46	79,54
N°10	2	78,21	208,04	12,33	32,79	67,21
N° 16	1,18	39,51	247,55	6,23	39,02	60,98
N° 30	0,6	42,37	289,92	6,68	45,7	54,3
N°40	0,425	28,89	318,81	4,55	50,25	49,75
N°50	0,3	25,51	344,32	4,02	54,27	45,73
N°100	0,15	51,61	395,93	8,13	62,4	37,6
N°200	0,075	19,6	415,53	3,09	65,49	34,51
Masa pasa N°200	2,9	418,43	0,46	65,95	34,05	
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	634,490712	gr	% Grava	20,46		
Masa seca después del lavado	419,16	gr	% Arena	45,6		
Masa que pasa el tamiz N°200	215,330712	gr	% Finos	33,94		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A7-5 ARCILLOSO					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #3 - Estrato A2					
Profundidad	1.00 m					
Abscisa	1+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	19,45	19,45	3,16	3,16	96,84
1/2	12,5	27,44	46,89	4,46	7,62	92,38
3/8	9,5	17,12	64,01	2,78	10,4	89,6
N° 4	4,75	71,84	135,85	11,67	22,07	77,93
N°10	2	74,23	210,08	12,06	34,13	65,87
N° 16	1,18	39,72	249,8	6,45	40,58	59,42
N° 30	0,6	30,61	280,41	4,97	45,55	54,45
N°40	0,425	20,12	300,53	3,27	48,82	51,18
N°50	0,3	17,36	317,89	2,82	51,64	48,36
N°100	0,15	15,92	333,81	2,59	54,23	45,77
N°200	0,075	2,53	336,34	0,41	54,64	45,36
Masa pasa N°200	19,92	356,26	3,24	57,88	42,12	
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	615,485596	gr	% Grava	22,07		
Masa seca después del lavado	357	gr	% Arena	35,93		
Masa que pasa el tamiz N°200	258,485596	gr	% Finos	42		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A7-6 ARCILLOSO					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #3 - Estrato A3					
Profundidad	1.50 m					
Abscisa	1+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	0	100
1/2	12,5	38,16	38,16	6,32	6,32	93,68
3/8	9,5	19,97	58,13	3,31	9,63	90,37
N° 4	4,75	30,76	88,89	5,1	14,73	85,27
N°10	2	48,25	137,14	7,99	22,72	77,28
N° 16	1,18	37,48	174,62	6,21	28,93	71,07
N° 30	0,6	40,48	215,1	6,71	35,64	64,36
N°40	0,425	25,28	240,38	4,19	39,83	60,17
N°50	0,3	18,33	258,71	3,04	42,87	57,13
N°100	0,15	29,35	288,06	4,86	47,73	52,27
N°200	0,075	15,32	303,38	2,54	50,27	49,73
Masa pasa N°200	2,87	306,25	0,48	50,75	49,25	
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	603,65736	gr	% Grava	14,73		
Masa seca después del lavado	306	gr	% Arena	35,96		
Masa que pasa el tamiz N°200	297,65736	gr	% Finos	49,31		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SM ARENA LIMOSA CON GRAVA					
AASHTO	A4 LIMOSO					



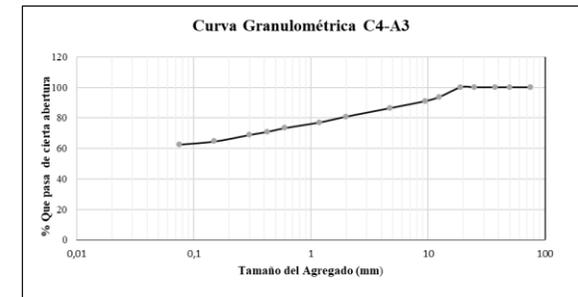
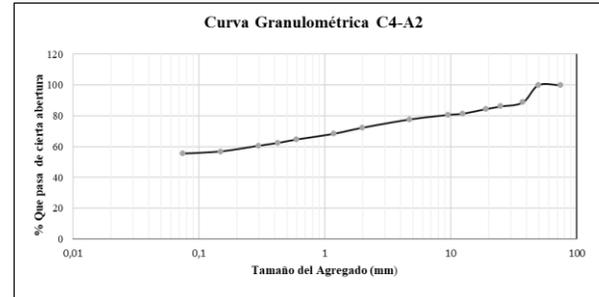
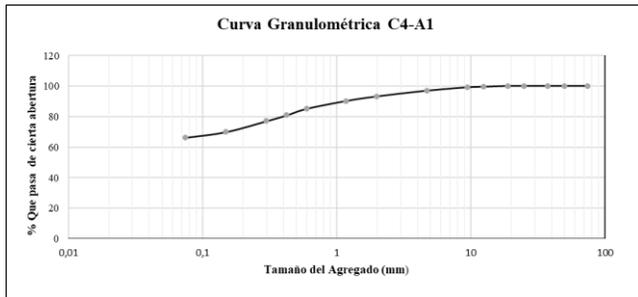
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.5 Análisis granulométrico calicata #4

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo		Calle Alfonso Andrade y Cordero				
Descripción de la muestra		Calicata #4 - Estrato A1				
Profundidad		0.50 m				
Abscisa		1+500				
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	0	100
1/2	12,5	3,6	3,6	0,49	0,49	99,51
3/8	9,5	2,71	6,31	0,37	0,86	99,14
N° 4	4,75	16,26	22,57	2,2	3,06	96,94
N°10	2	27,8	50,37	3,76	6,82	93,18
N° 16	1,18	22,01	72,38	2,98	9,8	90,2
N° 30	0,6	37,88	110,26	5,12	14,92	85,08
N°40	0,425	31,81	142,07	4,3	19,22	80,78
N°50	0,3	28,31	170,38	3,83	23,05	76,95
N°100	0,15	52,27	222,65	7,07	30,12	69,88
N°200	0,075	27,09	249,74	3,66	33,78	66,22
Masa pasa N°200		3,51	253,25	0,47	34,25	65,75
Pesos de la muestra			Porcentajes de granulometría			
Masa seca antes de lavado		739,6	gr	% Grava		3,06
Masa seca después del lavado		254,42	gr	% Arena		31,34
Masa que pasa el tamiz N°200		485,18	gr	% Finos		65,6
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A7-6 ARCILLOSO					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo		Calle Alfonso Andrade y Cordero				
Descripción de la muestra		Calicata #4- Estrato A2				
Profundidad		1.00 m				
Abscisa		1+500				
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	75,21	75,21	11,3	11,3	88,7
1	25	17,48	92,69	2,63	13,93	86,07
3/4	19	11,64	104,33	1,75	15,68	84,32
1/2	12,5	19,64	123,97	2,95	18,63	81,37
3/8	9,5	5,39	129,36	0,81	19,44	80,56
N° 4	4,75	19,44	148,8	2,92	22,36	77,64
N°10	2	36,01	184,81	5,41	27,77	72,23
N° 16	1,18	26,34	211,15	3,96	31,73	68,27
N° 30	0,6	24,85	236	3,73	35,46	64,54
N°40	0,425	14,84	250,84	2,23	37,69	62,31
N°50	0,3	12,07	262,91	1,81	39,5	60,5
N°100	0,15	24,62	287,53	3,7	43,2	56,8
N°200	0,075	9,5	297,03	1,43	44,63	55,37
Masa pasa N°200		0,82	297,85	0,12	44,75	55,25
Pesos de la muestra			Porcentajes de granulometría			
Masa seca antes de lavado		665,440438	gr	% Grava		22,36
Masa seca después del lavado		298	gr	% Arena		22,42
Masa que pasa el tamiz N°200		367,440438	gr	% Finos		55,22
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A-7-5 ARCILLOSO					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo		Calle Alfonso Andrade y Cordero				
Descripción de la muestra		Calicata #4 - Estrato A3				
Profundidad		1.50 m				
Abscisa		1+500				
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	0	100
1/2	12,5	37,74	37,74	6,3	6,3	93,7
3/8	9,5	16,08	53,82	2,68	8,98	91,02
N° 4	4,75	27,45	81,27	4,58	13,56	86,44
N°10	2	33,52	114,79	5,6	19,16	80,84
N° 16	1,18	22,67	137,46	3,78	22,94	77,06
N° 30	0,6	22,04	159,5	3,68	26,62	73,38
N°40	0,425	14,48	173,98	2,42	29,04	70,96
N°50	0,3	12,42	186,4	2,07	31,11	68,89
N°100	0,15	25,59	211,99	4,27	35,38	64,62
N°200	0,075	12,11	224,1	2,02	37,4	62,6
Masa pasa N°200		1,52	225,62	0,25	37,65	62,35
Pesos de la muestra			Porcentajes de granulometría			
Masa seca antes de lavado		599,027502	gr	% Grava		13,56
Masa seca después del lavado		226	gr	% Arena		24,17
Masa que pasa el tamiz N°200		373,027502	gr	% Finos		62,27
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A-7-6 ARCILLOSO					



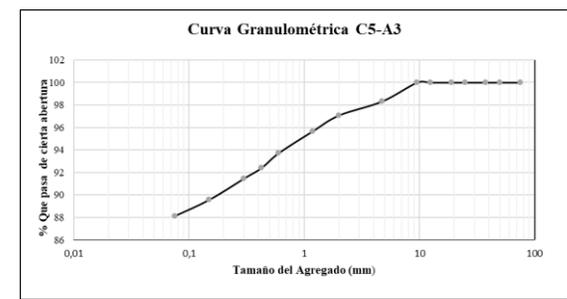
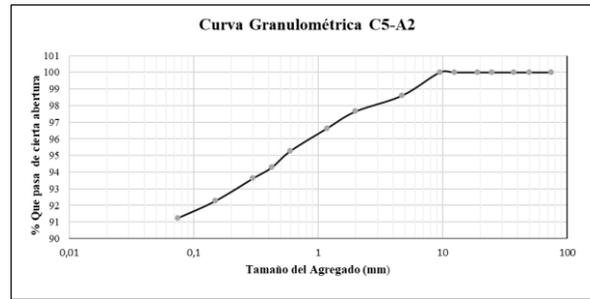
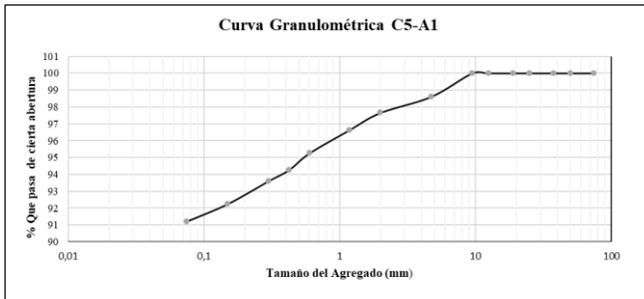
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.6 Análisis granulométrico calicata #5

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #5 - Estrato A1					
Profundidad	0.50 m					
Abscisa	2+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	% Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	0	100
1/2	12,5	0	0	0	0	100
3/8	9,5	0	0	0	0	100
N° 4	4,75	5,45	5,45	1,39	1,39	98,61
N°10	2	3,74	9,19	0,96	2,35	97,65
N° 16	1,18	4,03	13,22	1,03	3,38	96,62
N° 30	0,6	5,38	18,6	1,37	4,75	95,25
N°40	0,425	3,86	22,46	0,99	5,74	94,26
N°50	0,3	2,58	25,04	0,66	6,4	93,6
N°100	0,15	5,31	30,35	1,36	7,76	92,24
N°200	0,075	4,03	34,38	1,03	8,79	91,21
Masa pasa N°200		0,57	34,95	0,15	8,94	91,06
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	391,444375	gr	% Grava	1,39		
Masa seca después del lavado	35	gr	% Arena	7,55		
Masa que pasa el tamiz N°200	356,444375	gr	% Finos	91,06		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A7-5 ARCILLOSO					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #5- Estrato A2					
Profundidad	1.00 m					
Abscisa	2+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	% Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	0	100
1/2	12,5	0	0	0	0	100
3/8	9,5	0	0	0	0	100
N° 4	4,75	5,5	5,5	1,39	1,39	98,61
N°10	2	3,8	9,3	0,96	2,35	97,65
N° 16	1,18	4,05	13,35	1,02	3,37	96,63
N° 30	0,6	5,4	18,75	1,36	4,73	95,27
N°40	0,425	3,9	22,65	0,99	5,72	94,28
N°50	0,3	2,61	25,26	0,66	6,38	93,62
N°100	0,15	5,35	30,61	1,35	7,73	92,27
N°200	0,075	4,06	34,67	1,03	8,76	91,24
Masa pasa N°200		0,70	35,37	0,18	8,94	91,06
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	395,828552	gr	% Grava	1,39		
Masa seca después del lavado	35,4	gr	% Arena	7,55		
Masa que pasa el tamiz N°200	360,428552	gr	% Finos	91,06		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A-7-5 ARCILLOSO					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo	Calle Alfonso Andrade y Cordero					
Descripción de la muestra	Calicata #5 - Estrato A3					
Profundidad	1.50 m					
Abscisa	2+000					
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	% Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	0	100
1/2	12,5	0	0	0	0	100
3/8	9,5	0	0	0	0	100
N° 4	4,75	4,8	4,8	1,67	1,67	98,33
N°10	2	3,6	8,4	1,25	2,92	97,08
N° 16	1,18	4,1	12,5	1,42	4,34	95,66
N° 30	0,6	5,6	18,1	1,94	6,28	93,72
N°40	0,425	3,8	21,9	1,32	7,6	92,4
N°50	0,3	2,7	24,6	0,94	8,54	91,46
N°100	0,15	5,45	30,05	1,89	10,43	89,57
N°200	0,075	4,2	34,25	1,46	11,89	88,11
Masa pasa N°200		0,80	35,05	0,28	12,17	87,83
Pesos de la muestra		Porcentajes de granulometría				
Masa seca antes de lavado	288,192533	gr	% Grava	1,67		
Masa seca después del lavado	34,5	gr	% Arena	10,3		
Masa que pasa el tamiz N°200	253,692533	gr	% Finos	88,03		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A-7-6 ARCILLOSO					



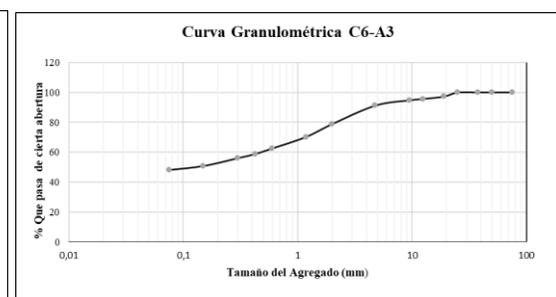
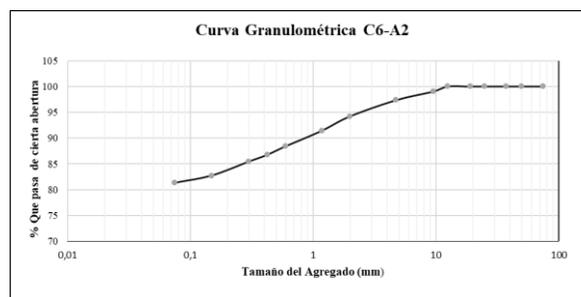
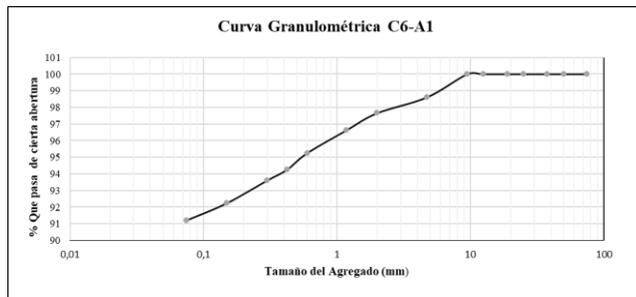
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.7 Análisis granulométrico calicata #6

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo		Calle Alfonso Andrade y Cordero				
Descripción de la muestra		Calicata #6 - Estrato A1				
Profundidad		0.50 m				
Abscisa		2+500				
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	20,85	20,85	2,44	2,44	97,56
1/2	12,5	28,27	49,12	3,31	5,75	94,25
3/8	9,5	4,96	54,08	0,58	6,33	93,67
N° 4	4,75	26,04	80,12	3,05	9,38	90,62
N°10	2	25,73	105,85	3,01	12,39	87,61
N° 16	1,18	20,59	126,44	2,41	14,8	85,2
N° 30	0,6	23,62	150,06	2,77	17,57	82,43
N°40	0,425	15,12	165,18	1,77	19,34	80,66
N°50	0,3	12,06	177,24	1,41	20,75	79,25
N°100	0,15	23,91	201,15	2,8	23,55	76,45
N°200	0,075	11,87	213,02	1,39	24,94	75,06
Masa pasa N°200		2,25	215,27	0,26	25,2	74,8
Pesos de la muestra			Porcentajes de granulometría			
Masa seca antes de lavado	853,9	gr	%Grava	9,38		
Masa seca después del lavado	215,21	gr	% Arena	15,82		
Masa que pasa el tamiz N°200	638,69	gr	% Finos	74,8		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARCILLA LIGERA ARENOSA					
AASHTO	A-7-6 ARCILLOSO					

Análisis Granulométrico						
Localización del suelo		Calle Alfonso Andrade y Cordero				
Descripción de la muestra		Calicata #6- Estrato A2				
Profundidad		1.00 m				
Abscisa		2+500				
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	0	100
1/2	12,5	0	0	0	0	100
3/8	9,5	6,58	6,58	0,98	0,98	99,02
N° 4	4,75	11,2	17,78	1,67	2,65	97,35
N°10	2	21,18	38,96	3,15	5,8	94,2
N° 16	1,18	18,78	57,74	2,79	8,59	91,41
N° 30	0,6	20,28	78,02	3,02	11,61	88,39
N°40	0,425	11,13	89,15	1,65	13,26	86,74
N°50	0,3	8,92	98,07	1,33	14,59	85,41
N°100	0,15	18,13	116,2	2,7	17,29	82,71
N°200	0,075	9,56	125,76	1,42	18,71	81,29
Masa pasa N°200		2,33	128,09	0,35	19,06	80,94
Pesos de la muestra			Porcentajes de granulometría			
Masa seca antes de lavado	672,53462	gr	%Grava	2,65		
Masa seca después del lavado	128	gr	% Arena	16,38		
Masa que pasa el tamiz N°200	544,53462	gr	% Finos	80,97		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A-7-6 ARCILLOSO					

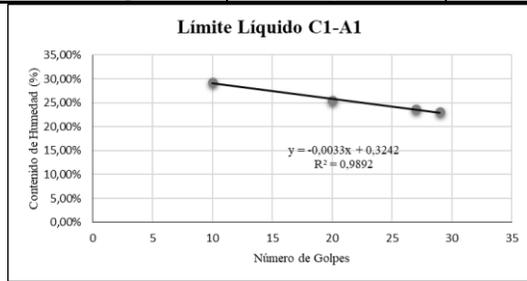
Análisis Granulométrico						
Localización del suelo		Calle Alfonso Andrade y Cordero				
Descripción de la muestra		Calicata #6 - Estrato A3				
Profundidad		1.50 m				
Abscisa		2+500				
Tamiz (pulg)	Apertura (mm)	Parcial (g)	Acumulado (g)	%Retenido	%Retenido Acumulado	%Pasante
3	75	0	0	0	0	100
2	50	0	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	0	100
1	25	0	0	0	0	100
3/4	19	18,77	18,77	2,74	2,74	97,26
1/2	12,5	10,87	29,64	1,59	4,33	95,67
3/8	9,5	6,31	35,95	0,92	5,25	94,75
N° 4	4,75	24,32	60,27	3,55	8,8	91,2
N°10	2	84,82	145,09	12,38	21,18	78,82
N° 16	1,18	59,02	204,11	8,61	29,79	70,21
N° 30	0,6	52,52	256,63	7,66	37,45	62,55
N°40	0,425	25,64	282,27	3,74	41,19	58,81
N°50	0,3	19,16	301,43	2,8	43,99	56,01
N°100	0,15	35,99	337,42	5,25	49,24	50,76
N°200	0,075	18,41	355,83	2,69	51,93	48,07
Masa pasa N°200		4,04	359,87	0,59	52,52	47,48
Pesos de la muestra			Porcentajes de granulometría			
Masa seca antes de lavado	685,369056	gr	%Grava	8,8		
Masa seca después del lavado	361,21	gr	% Arena	43,9		
Masa que pasa el tamiz N°200	324,159056	gr	% Finos	47,3		
Clasificación de Suelos						
SUCS	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA					
AASHTO	A-7-6 ARCILLOSO					



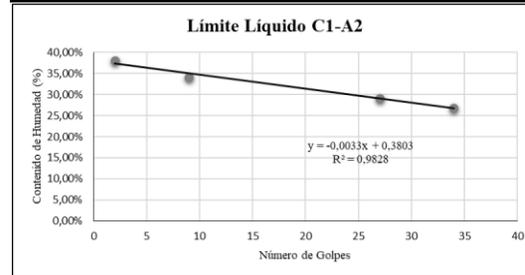
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.8 Límite líquido calicata #1

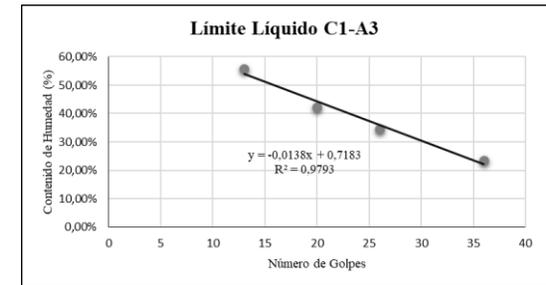
Calicata #1-Estrato A1				
N° Golpes	10	20	27	29
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	29,9	30,71	14,1	30,76
Recipiente + suelo húmedo	31,09	31,4	14,83	31,88
Masa del recipiente + suelo seco	30,82	31,26	14,69	31,67
Masa del agua	0,27	0,14	0,14	0,21
Masa del suelo seco	0,92	0,55	0,59	0,91
Contenido de agua	29,35%	25,45%	23,73%	23,08%
Límite líquido	24,17			%



Calicata #1-Estrato A2				
N° Golpes	2	9	27	34
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,73	30,26	30,03	30,91
Recipiente + suelo húmedo	32,29	31,95	32,07	33,18
Masa del recipiente + suelo seco	31,86	31,52	31,61	32,7
Masa del agua	0,43	0,43	0,46	0,48
Masa del suelo seco	1,13	1,26	1,58	1,79
Contenido de agua	38,05%	34,13%	29,11%	26,82%
Límite líquido	29,78			%



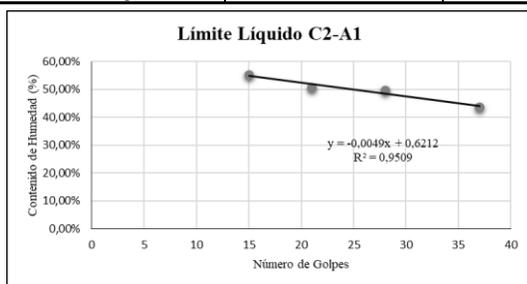
Calicata #1-Estrato A3				
N° Golpes	13	20	26	36
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,22	29,8	31,72	30,15
Recipiente + suelo húmedo	32,62	31,01	34,8	31,88
Masa del recipiente + suelo seco	31,76	30,65	34,01	31,55
Masa del agua	0,86	0,36	0,79	0,33
Masa del suelo seco	1,54	0,85	2,29	1,4
Contenido de agua	55,84%	42,35%	34,50%	23,57%
Límite líquido	37,33			%



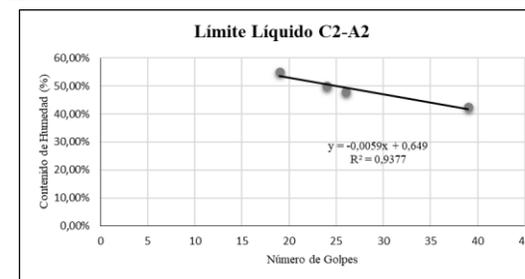
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.9 Límite líquido calicata #2

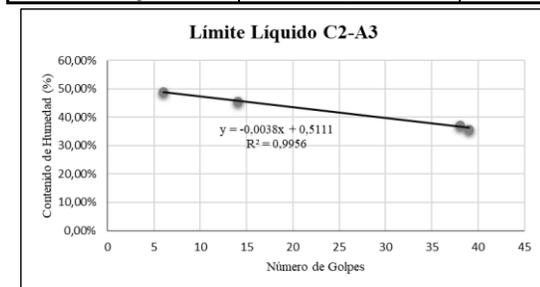
Calicata #2-Estrato A1				
N° Golpes	15	21	28	37
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,75	30,86	14,22	30,04
Recipiente + suelo húmedo	33,98	33,24	16,42	31,78
Masa del recipiente + suelo seco	32,83	32,44	15,69	31,25
Masa del agua	1,15	0,8	0,73	0,53
Masa del suelo seco	2,08	1,58	1,47	1,21
Contenido de agua	55,29%	50,63%	49,66%	43,80%
Límite líquido	49,87			%



Calicata #2-Estrato A2				
N° Golpes	19	24	26	39
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,32	30,72	30,56	29,96
Recipiente + suelo húmedo	32,46	33,84	33,18	32,41
Masa del recipiente + suelo seco	31,7	32,8	32,33	31,68
Masa del agua	0,76	1,04	0,85	0,73
Masa del suelo seco	1,38	2,08	1,77	1,72
Contenido de agua	55,07%	50,00%	48,02%	42,44%
Límite líquido	50,15			%



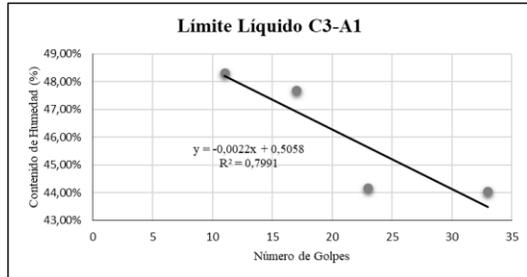
Calicata #2-Estrato A3				
N° Golpes	6	14	38	39
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,26	30,11	29,92	29,8
Recipiente + suelo húmedo	33,88	33,24	32,76	32,68
Masa del recipiente + suelo seco	32,69	32,26	31,99	31,92
Masa del agua	1,19	0,98	0,77	0,76
Masa del suelo seco	2,43	2,15	2,07	2,12
Contenido de agua	48,97%	45,58%	37,20%	35,85%
Límite líquido	41,61			%



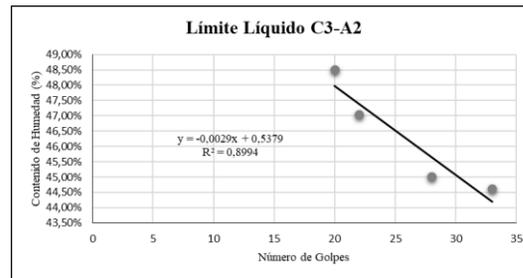
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.10 Límite líquido calicata #3

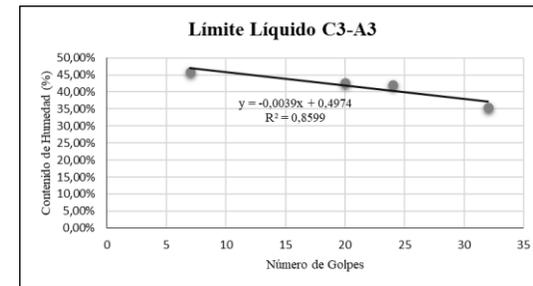
Calicata #3-Estrato A1				
N° Golpes	17	11	33	23
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,16	30,72	31,75	30,78
Recipiente + suelo húmedo	35,27	36,89	38,06	38,94
Masa del recipiente + suelo seco	33,62	34,88	36,13	36,44
Masa del agua	1,65	2,01	1,93	2,5
Masa del suelo seco	3,46	4,16	4,38	5,66
Contenido de agua	47,69%	48,32%	44,06%	44,17%
Límite líquido	45,08			%



Calicata #3-Estrato A2				
N° Golpes	28	33	22	20
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,32	30,58	30,11	30,44
Recipiente + suelo húmedo	38,76	41,76	38,33	40,39
Masa del recipiente + suelo seco	36,14	38,31	35,7	37,14
Masa del agua	2,62	3,45	2,63	3,25
Masa del suelo seco	5,82	7,73	5,59	6,7
Contenido de agua	45,02%	44,63%	47,05%	48,51%
Límite líquido	46,54			%



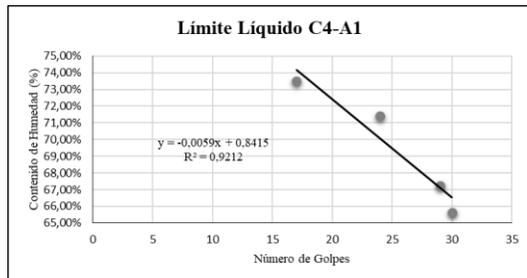
Calicata #3-Estrato A3				
N° Golpes	7	20	24	32
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	29,64	30,3	30,16	30,49
Recipiente + suelo húmedo	37,45	37,55	39,63	37,33
Masa del recipiente + suelo seco	34,99	35,38	36,82	35,54
Masa del agua	2,46	2,17	2,81	1,79
Masa del suelo seco	5,35	5,08	6,66	5,05
Contenido de agua	45,98%	42,72%	42,19%	35,45%
Límite líquido	39,99			%



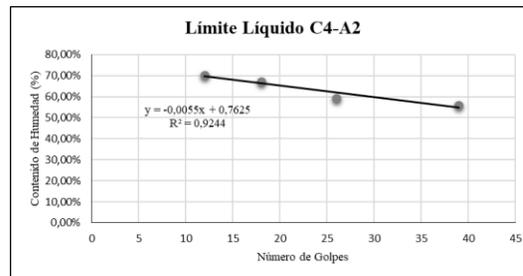
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.11 Límite líquido calicata #4

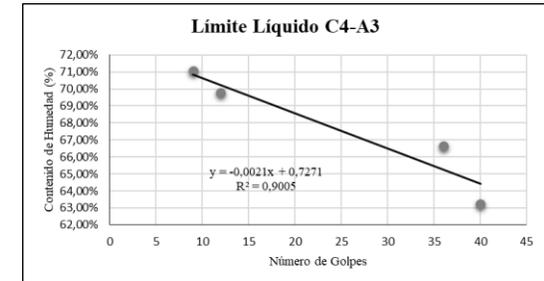
Calicata #4-Estrato A1				
N° Golpes	17	24	29	30
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,36	29,65	30,05	30,07
Recipiente + suelo húmedo	32,98	32,53	31,94	33,3
Masa del recipiente + suelo seco	31,87	31,33	31,18	32,02
Masa del agua	1,11	1,2	0,76	1,28
Masa del suelo seco	1,51	1,68	1,13	1,95
Contenido de agua	73,51%	71,43%	67,26%	65,64%
Límite líquido	69,4			%



Calicata #4-Estrato A2				
N° Golpes	12	18	26	39
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	31,48	29,83	30,8	30,71
Recipiente + suelo húmedo	34,97	32,79	33,49	34,64
Masa del recipiente + suelo seco	33,53	31,6	32,49	33,23
Masa del agua	1,44	1,19	1	1,41
Masa del suelo seco	2,05	1,77	1,69	2,52
Contenido de agua	70,24%	67,23%	59,17%	55,95%
Límite líquido	62,5			%



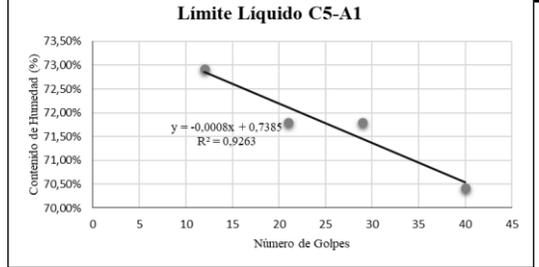
Calicata #4-Estrato A3				
N° Golpes	9	12	36	40
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,95	30,49	30,6	30,86
Recipiente + suelo húmedo	34,2	32,12	35,2	34,19
Masa del recipiente + suelo seco	32,85	31,45	33,36	32,9
Masa del agua	1,35	0,67	1,84	1,29
Masa del suelo seco	1,9	0,96	2,76	2,04
Contenido de agua	71,05%	69,79%	66,67%	63,24%
Límite líquido	67,46			%



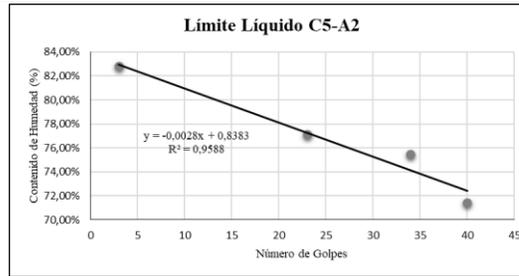
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.12 Límite líquido calicata #5

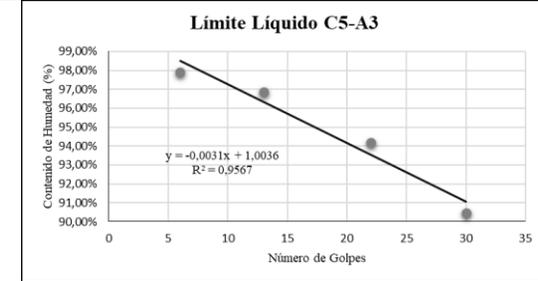
Calicata #5-Estrato A1				
N° Golpes	8	13	19	28
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	14,08	14,06	30,76	14,44
Recipiente + suelo húmedo	17,78	17,67	35,12	19,76
Masa del recipiente + suelo seco	16,56	16,5	33,74	18,1
Masa del agua	1,22	1,17	1,38	1,66
Masa del suelo seco	2,48	2,44	2,98	3,66
Contenido de agua	49,19%	47,95%	46,31%	45,36%
Límite líquido	71,05			%



Calicata #5-Estrato A2				
N° Golpes	3	23	34	40
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	29,92	30,57	29,86	29,86
Recipiente + suelo húmedo	33,01	33,28	33,72	32,5
Masa del recipiente + suelo seco	31,61	32,1	32,06	31,4
Masa del agua	1,4	1,18	1,66	1,1
Masa del suelo seco	1,69	1,53	2,2	1,54
Contenido de agua	82,84%	77,12%	75,45%	71,43%
Límite líquido	76,83			%



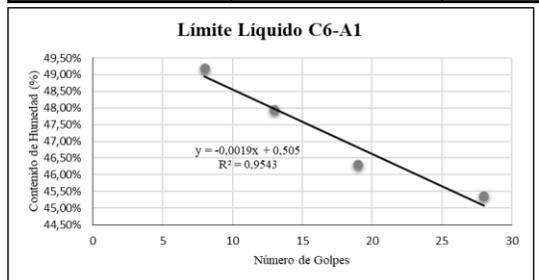
Calicata #5-Estrato A3				
N° Golpes	6	13	22	30
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,67	30,15	30,1	14,07
Recipiente + suelo húmedo	32,55	33,91	33,44	17,86
Masa del recipiente + suelo seco	31,62	32,06	31,82	16,06
Masa del agua	0,93	1,85	1,62	1,8
Masa del suelo seco	0,95	1,91	1,72	1,99
Contenido de agua	97,89%	96,86%	94,19%	90,45%
Límite líquido	92,61			%



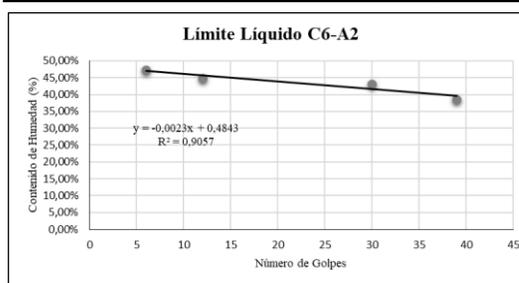
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.13 Límite líquido calicata #6

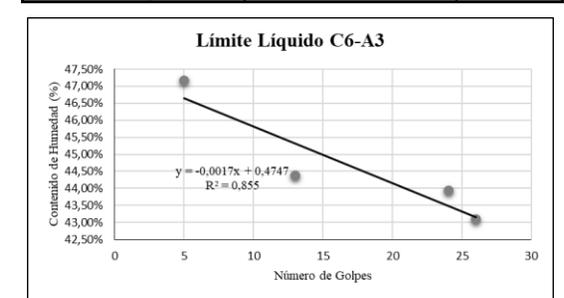
Calicata #6-Estrato A1				
N° Golpes	12	21	29	40
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	29,75	30,46	30,45	30,13
Recipiente + suelo húmedo	34,54	35,03	34,47	36,18
Masa del recipiente + suelo seco	32,52	33,12	32,79	33,68
Masa del agua	2,02	1,91	1,68	2,5
Masa del suelo seco	2,77	2,66	2,34	3,55
Contenido de agua	72,92%	71,80%	71,79%	70,42%
Límite líquido	45,75			%



Calicata #6-Estrato A2				
N° Golpes	6	12	30	39
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	30,42	30,97	6,21	6,9
Recipiente + suelo húmedo	36,52	36,07	11,09	10,02
Masa del recipiente + suelo seco	34,56	34,49	9,62	9,15
Masa del agua	1,96	1,58	1,47	0,87
Masa del suelo seco	4,14	3,52	3,41	2,25
Contenido de agua	47,34%	44,89%	43,11%	38,67%
Límite líquido	42,68			%



Calicata #6-Estrato A3				
N° Golpes	5	13	24	26
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4
Masa del recipiente	6,33	6,29	5,91	6,74
Recipiente + suelo húmedo	10,23	11,56	10,66	10,89
Masa del recipiente + suelo seco	8,98	9,94	9,21	9,64
Masa del agua	1,25	1,62	1,45	1,25
Masa del suelo seco	2,65	3,65	3,3	2,9
Contenido de agua	47,17%	44,38%	43,94%	43,10%
Límite líquido	43,22			%



Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.14 Límite plástico calicata #1

Calicata #1-Estrato A1			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,21	6,17	0
recipiente más suelo húmedo	60,6	6,96	0
Masa del recipiente + suelo seco	60,52	6,82	0
masa del agua	0,08	0,14	0
masa del suelo seco	54,31	0,65	0
contenido de agua	0,15%	21,54%	0,00%
Límite Plástico	10,84	%	

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.15 Límite plástico calicata #2

Calicata #2-Estrato A1			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	30,89	30,83	6,3
recipiente más suelo húmedo	32,22	31,14	6,76
Masa del recipiente + suelo seco	31,91	31,09	6,63
masa del agua	0,31	0,05	0,13
masa del suelo seco	1,02	0,26	0,33
contenido de agua	30,39%	19,23%	39,39%
Límite Plástico	29,67	%	

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.16 Límite plástico calicata #3

Calicata #3-Estrato A1			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	30,68	30,76	30,5
recipiente más suelo húmedo	33,51	32,97	31,84
Masa del recipiente + suelo seco	32,85	32,4	31,5
masa del agua	0,66	0,57	0,34
masa del suelo seco	2,17	1,64	1
contenido de agua	30,41%	34,76%	34,00%
Límite Plástico	33,06	%	

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Calicata #1-Estrato A2			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,97	6,82	6,82
recipiente más suelo húmedo	8,12	8,15	8,02
Masa del recipiente + suelo seco	7,94	7,95	7,8
masa del agua	0,18	0,2	0,22
masa del suelo seco	0,97	1,13	0,98
contenido de agua	18,56%	17,70%	22,45%
Límite Plástico	19,57	%	

Calicata #2-Estrato A2			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,68	6,85	6,18
recipiente más suelo húmedo	8,39	8,16	7,33
Masa del recipiente + suelo seco	8,09	7,89	7,04
masa del agua	0,3	0,27	0,29
masa del suelo seco	1,41	1,04	0,86
contenido de agua	21,28%	25,96%	33,72%
Límite Plástico	26,99	%	

Calicata #3-Estrato A2			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	30,83	30,68	30,95
recipiente más suelo húmedo	32,01	32,17	31,96
Masa del recipiente + suelo seco	31,72	31,8	31,8
masa del agua	0,29	0,37	0,16
masa del suelo seco	0,89	1,12	0,85
contenido de agua	32,58%	33,04%	18,82%
Límite Plástico	28,15	%	

Calicata #1-Estrato A3			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	30,9	29,68	29,91
recipiente más suelo húmedo	31,86	30,99	30,69
Masa del recipiente + suelo seco	31,68	30,67	30,52
masa del agua	0,18	0,32	0,17
masa del suelo seco	0,78	0,99	0,61
contenido de agua	23,08%	32,32%	27,87%
Límite Plástico	27,76	%	

Calicata #2-Estrato A3			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,74	6,28	14,26
recipiente más suelo húmedo	9,81	7,06	14,84
Masa del recipiente + suelo seco	9,19	6,91	14,74
masa del agua	0,62	0,15	0,1
masa del suelo seco	2,45	0,63	0,48
contenido de agua	25,31%	23,81%	20,83%
Límite Plástico	23,32	%	

Calicata #3-Estrato A3			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	30,41	30,13	30,31
recipiente más suelo húmedo	31,73	31,72	31,97
Masa del recipiente + suelo seco	31,35	31,34	31,54
masa del agua	0,38	0,38	0,43
masa del suelo seco	0,94	1,21	1,23
contenido de agua	40,43%	31,40%	34,96%
Límite Plástico	35,60	%	

Anexo 2.17 Límite plástico calicata #4

Calicata #4-Estrato A1			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	30,66	7,22	7,25
recipiente más suelo húmedo	31,28	7,98	8,76
Masa del recipiente + suelo seco	31,15	7,8	8,42
masa del agua	0,13	0,18	0,34
masa del suelo seco	0,49	0,58	1,17
contenido de agua	26,53%	31,03%	29,06%
Límite Plástico	28,87	%	

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.18 Límite plástico calicata #5

Calicata #5-Estrato A1			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	30,08	6,26	6,89
recipiente más suelo húmedo	30,67	6,63	7,55
Masa del recipiente + suelo seco	30,51	6,53	7,36
masa del agua	0,16	0,1	0,19
masa del suelo seco	0,43	0,27	0,47
contenido de agua	37,21%	37,04%	40,43%
Límite Plástico	38,22	%	

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.19 Límite plástico calicata #6

Calicata #6-Estrato A1			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,87	7,09	7,23
recipiente más suelo húmedo	7,55	7,56	8,11
Masa del recipiente + suelo seco	7,44	7,47	7,94
masa del agua	0,11	0,09	0,17
masa del suelo seco	0,57	0,38	0,71
contenido de agua	19,30%	23,68%	23,94%
Límite Plástico	22,31	%	

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Calicata #4-Estrato A2			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	7,11	13,94	30,49
recipiente más suelo húmedo	8,18	14,7	31,47
Masa del recipiente + suelo seco	7,87	14,5	31,26
masa del agua	0,31	0,2	0,21
masa del suelo seco	0,76	0,56	0,77
contenido de agua	40,79%	35,71%	27,27%
Límite Plástico	34,59	%	

Calicata #4-Estrato A3			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	7	7,05	30,52
recipiente más suelo húmedo	8,23	8,13	30,86
Masa del recipiente + suelo seco	7,82	7,92	30,85
masa del agua	0,41	0,21	0,01
masa del suelo seco	0,82	0,87	0,33
contenido de agua	50,00%	24,14%	3,03%
Límite Plástico	25,72	%	

Calicata #5-Estrato A2			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,85	6,26	6,22
recipiente más suelo húmedo	7,55	6,92	6,52
Masa del recipiente + suelo seco	7,34	6,74	6,44
masa del agua	0,21	0,18	0,08
masa del suelo seco	0,49	0,48	0,22
contenido de agua	42,86%	37,50%	36,36%
Límite Plástico	38,91	%	

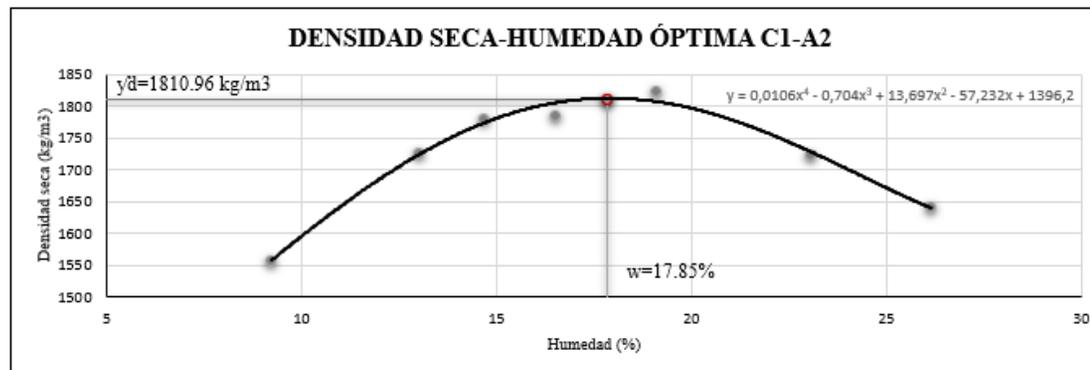
Calicata #5-Estrato A3			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,83	7,11	7,11
recipiente más suelo húmedo	7,28	7,59	7,41
Masa del recipiente + suelo seco	7,18	7,49	7,36
masa del agua	0,1	0,1	0,05
masa del suelo seco	0,35	0,38	0,25
contenido de agua	28,57%	26,32%	20,00%
Límite Plástico	24,96	%	

Calicata #6-Estrato A2			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,76	7,02	6,85
recipiente más suelo húmedo	7,7	7,9	7,57
Masa del recipiente + suelo seco	7,54	7,73	7,46
masa del agua	0,16	0,17	0,11
masa del suelo seco	0,78	0,71	0,61
contenido de agua	20,51%	23,94%	18,03%
Límite Plástico	20,83	%	

Calicata #6-Estrato A3			
Descripción	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
Masa del recipiente	6,17	6,28	6,83
recipiente más suelo húmedo	7,14	6,82	7,23
Masa del recipiente + suelo seco	7,01	6,78	7,17
masa del agua	0,13	0,04	0,06
masa del suelo seco	0,84	0,5	0,34
contenido de agua	15,48%	8,00%	17,65%
Límite Plástico	13,71	%	

Anexo 2.20 Proctor modificado calicata #1 - A2

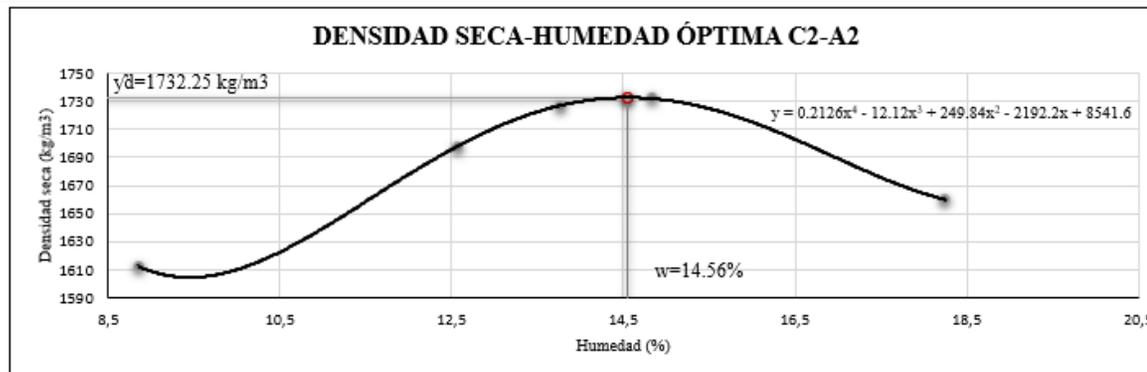
Calicata #1 - Estrato A2														
Datos del Molde														
Peso (gr)	4701		Diámetro (cm)		10,16		Altura (cm)		11,64					
			Área (cm2)		81		Volumen (cm3)		943,3					
Determinación de contenido de humedad														
Descripción	1		2		3		4		5		6		7	
	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5	Recipiente 6	Recipiente 7	Recipiente 8	Recipiente 9	Recipiente 10	Recipiente 11	Recipiente 12	Recipiente 13	Recipiente 14
Masa del recipiente (g)	29,84	29,98	30,28	31,74	30,64	30,74	30,38	29,46	29,95	29,8	29,95	29,8	29,95	29,8
Recipiente más suelo húmedo (g)	66,73	53,34	50,44	48,01	53,61	66,54	54,4	53,02	64,83	99,11	65	99,11	64,83	99,11
Masa del recipiente + suelo seco (g)	63,7	51,32	48,11	46,15	50,71	61,91	51,01	49,68	59,23	88,02	58	87	57	86
Masa del agua (g)	3,03	2,02	2,33	1,86	2,9	4,63	3,39	3,34	5,6	11,09	7	12,11	7,83	13,11
Masa del suelo seco (g)	33,86	21,34	17,83	14,41	20,07	31,17	20,63	20,22	29,28	58,22	28,05	57,2	27,05	56,2
Contenido de agua (%)	8,95%	9,47%	13,07%	12,91%	14,45%	14,85%	16,43%	16,52%	19,13%	19,05%	24,96%	21,17%	28,95%	23,33%
Contenido de agua promedio (%)	9,21		12,99		14,65		16,48		19,09		23,06		26,14	
Determinación de humedades														
Masa del molde (g)	4701		4701		4701		4701		4701		4701		4701	
Masa del molde + suelo húmedo (g)	6309		6544		6625		6661		6746		6700		6650	
Masa suelo húmedo (g)	1608		1843		1924		1960		2045		1999		1949	
Densidad Húmeda (g/cm3)	1,7		1,95		2,04		2,08		2,17		2,12		2,07	
Densidad seca (kg/m3)	1556,63		1725,82		1779,33		1785,71		1822,15		1722,74		1641,03	
Densidad máxima	1810,96				kg/m3		Humedad óptima		17,85				%	



Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.21 Proctor modificado calicata #2 - A2

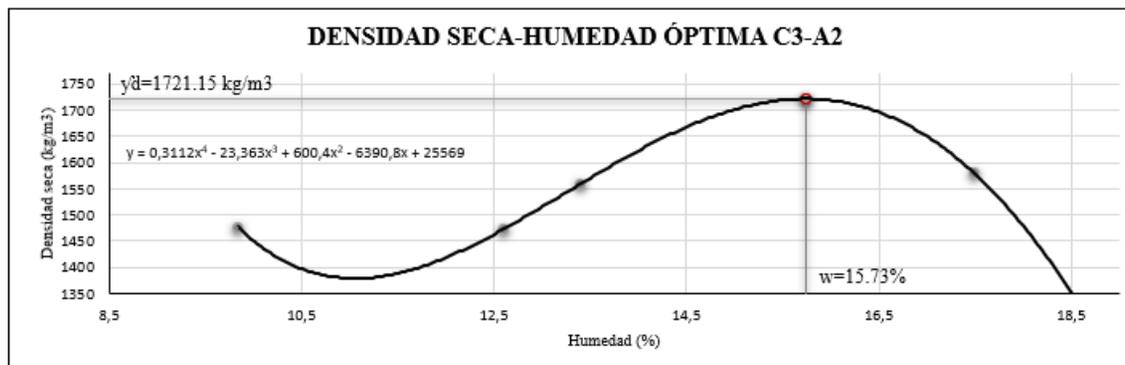
Calicata #2 - Estrato A2														
Datos del Molde														
Peso (gr)	5093		Diámetro (cm)		15,2		Altura (cm)		11,7		Volumen (cm3)		2123,06	
			Área (cm2)		181,46									
Determinación de contenido de humedad														
Descripción	1		2		3		4		5		6		7	
	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5	Recipiente 6	Recipiente 7	Recipiente 8	Recipiente 9	Recipiente 10	Recipiente 11	Recipiente 12	Recipiente 13	Recipiente 14
Masa del recipiente (g)	16,92	17,71	17,22	17,38	17,1	18,02	16,94	17,12	16,43	16,94	16,4	16,9	17,1	17,12
Recipiente más suelo húmedo (g)	65	67	57,43	62,05	57	64	57	64	62,74	60,73	65	64,75	64,83	65,7
Masa del recipiente + suelo seco (g)	61,08	63	52,93	57,08	52,2	58,4	51,78	58	55,56	54	58	56	57	58
Masa del agua (g)	3,92	4,000	4,5	4,97	4,8	5,6	5,22	6	7,18	6,73	7	8,75	7,83	7,7
Masa del suelo seco (g)	44,16	45,29	35,71	39,7	35,1	40,38	34,84	40,88	39,13	37,06	41,6	39,1	39,9	40,88
Contenido de agua (%)	8,88%	8,83%	12,60%	12,52%	13,68%	13,87%	14,98%	14,68%	18,35%	18,16%	16,83%	22,38%	19,62%	18,84%
Contenido de agua promedio (%)	8,85		12,56		13,77		14,83		18,25		19,6		19,23	
Determinación de densidades y humedad														
Masa del molde (g)	5093		5093		5093		5093		5093		5093		5093	
Masa del molde + suelo húmedo (g)	8820		9150		9265		9315		9260		9262		9161	
Masa suelo húmedo (g)	3727		4057		4172		4222		4167		4169		4068	
Densidad Húmeda (g/cm3)	1,755		1,911		1,965		1,989		1,963		1,964		1,916	
Densidad seca (kg/m3)	1612,31		1698		1727,17		1732,13		1660,04		1642,14		1606,98	
Densidad máxima	1732,25		kg/m3		Humedad óptima		14,56		%					



Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.22 Proctor modificado calicata #3 - A2

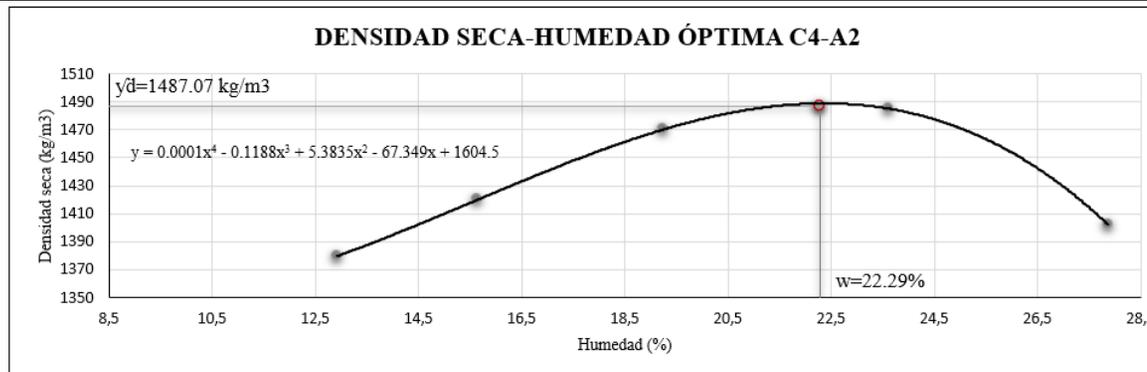
Calicata #3 - Estrato A2										
Datos del Molde										
Peso (gr)	4701		Diámetro (cm)		10,16		Altura (cm)		11,64	
			Área (cm2)		81		Volumen (cm3)		943,3	
Determinación de contenido de humedad										
Descripción	1		2		3		4		5	
	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5	Recipiente 6	Recipiente 7	Recipiente 8	Recipiente 9	Recipiente 10
Masa del recipiente (g)	30,15	29,91	30,07	30,77	30,78	30,47	29,68	29,85	30,74	30,19
Recipiente más suelo húmedo (g)	45,29	60,5	44,36	54,3	55,28	41,51	66,89	50,75	51,77	55,5
Masa del recipiente + suelo seco (g)	43,89	57,85	42,74	51,7	52,33	40,23	61,35	47,64	46,38	49
Masa del agua (g)	1,4	2,650	1,62	2,6	2,95	1,28	5,54	3,11	5,39	6,5
Masa del suelo seco (g)	13,74	27,94	12,67	20,93	21,55	9,76	31,67	17,79	15,64	18,81
Contenido de agua (%)	10,19%	9,48%	12,79%	12,42%	13,69%	13,11%	17,49%	17,48%	34,46%	34,56%
Contenido de agua promedio (%)	9,84		12,6		13,4		17,49		34,51	
Determinación de densidades y humedad										
Masa del molde (g)	4701		4701		4701		4701		4701	
Masa del molde + suelo húmedo (g)	6230		6266		6370		6453		6299	
Masa suelo húmedo (g)	1529		1565		1669		1752		1598	
Densidad Húmeda (g/cm3)	1,621		1,659		1,769		1,857		1,694	
Densidad seca (kg/m3)	1475,78		1473		1559,96		1580,56		1259,39	
Densidad máxima	1721,45		kg/m3		Humedad óptima		15,73		%	



Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.23 Proctor modificado calicata #4 - A2

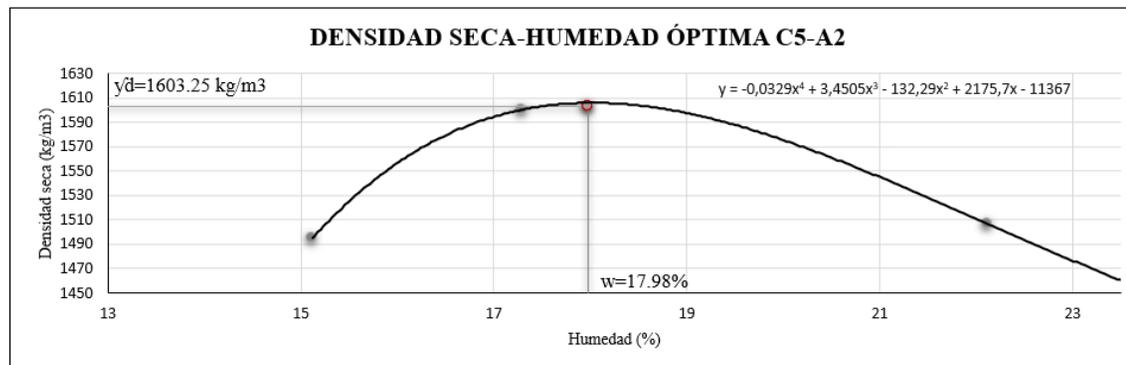
Calicata #4 - Estrato A2										
Datos del Molde										
Peso (gr)	5093		Diámetro (cm)		15,2		Altura (cm)		11,70	
			Área (cm2)		181,46		Volumen (cm3)		2123,06	
Determinación de contenido de humedad										
Descripción	1		2		3		4		5	
	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5	Recipiente 6	Recipiente 7	Recipiente 8	Recipiente 9	Recipiente 10
Masa del recipiente (g)	17,37	17,79	17,22	17,38	17,18	17,46	17,22	16,94	17,32	17,5
Recipiente más suelo húmedo (g)	62	61	57,43	62,05	52	57	62,74	60,73	62,74	60,73
Masa del recipiente + suelo seco (g)	56,9	56,05	52	56	46,4	50,6	54	52,4	52,85	51,3
Masa del agua (g)	5,1	4,950	5,43	6,05	5,6	6,4	8,74	8,33	9,89	9,43
Masa del suelo seco (g)	39,53	38,26	34,78	38,62	29,22	33,14	36,78	35,46	35,53	33,8
Contenido de agua (%)	12,90%	12,94%	15,61%	15,67%	19,16%	19,31%	23,76%	23,49%	27,84%	27,90%
Contenido de agua promedio (%)	12,92		15,64		19,24		23,63		27,87	
Determinación de densidades y humedad										
Masa del molde (g)	5093		5093		5093		5093		5093	
Masa del molde + suelo húmedo (g)	8400		8580		8815		8990		8900	
Masa suelo húmedo (g)	3307		3487		3722		3897		3807	
Densidad Húmeda (g/cm3)	1,558		1,642		1,753		1,836		1,793	
Densidad seca (kg/m3)	1379,74		1420		1470,14		1485,08		1402,21	
Densidad máxima	1487,07		kg/m3		Humedad óptima		22,29		%	



Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.24 Proctor modificado calicata #5 - A2

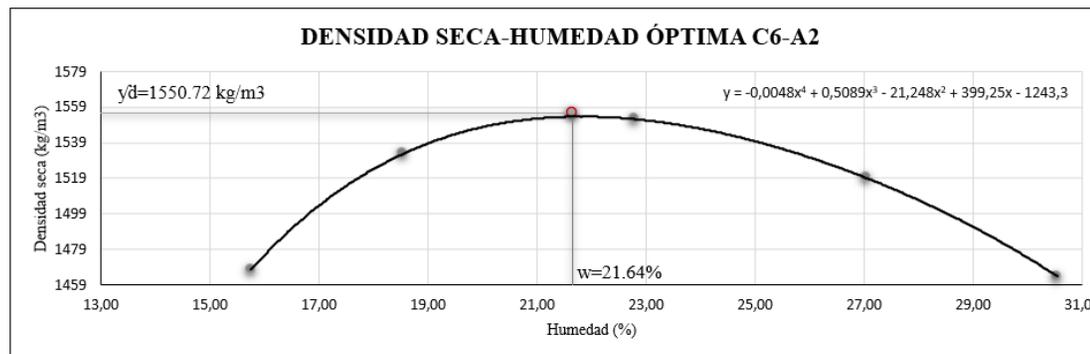
Calicata #5 - Estrato A2										
Datos del Molde										
Peso (gr)	4701		Diámetro (cm)		10,16		Altura (cm)		11,64	
			Área (cm2)		81		Volumen (cm3)		943,3	
Determinación de contenido de humedad										
Descripción	1		2		3		4		5	
	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5	Recipiente 6	Recipiente 7	Recipiente 8	Recipiente 9	Recipiente 10
Masa del recipiente (g)	29,7	29,47	29,82	31	30,51	29,98	30,77	30,82	30,89	30,84
Recipiente más suelo húmedo (g)	35,75	35,45	35,93	39,54	44,37	38,49	44,57	55,29	43,81	66,46
Masa del recipiente + suelo seco (g)	34,97	34,65	34,84	37,97	41,58	37,76	41,49	49,5	40,36	57,12
Masa del agua (g)	0,78	0,800	1,09	1,57	2,79	0,73	3,08	5,79	3,45	9,34
Masa del suelo seco (g)	5,27	5,18	5,02	6,97	11,07	7,78	10,72	18,68	9,47	26,28
Contenido de agua (%)	14,80%	15,44%	21,71%	22,53%	25,20%	9,38%	28,73%	31,00%	36,43%	35,54%
Contenido de agua promedio (%)	15,12		22,12		17,29		29,86		35,99	
Determinación de densidades y humedad										
Masa del molde (g)	4701		4701		4701		4701		4701	
Masa del molde + suelo húmedo (g)	6324		6437		6472		6396		6364	
Masa suelo húmedo (g)	1623		1736		1771		1695		1663	
Densidad Húmeda (g/cm3)	1,721		1,840		1,877		1,797		1,763	
Densidad seca (kg/m3)	1494,96		1507		1600,31		1383,8		1296,42	
Densidad máxima	1603,25		kg/m3		Humedad óptima		17,98		%	



Fuente: Elaboración Propia (2024).

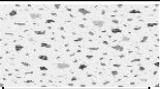
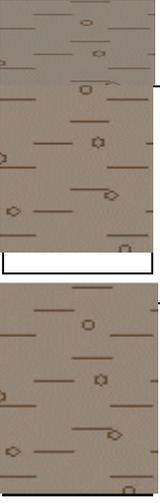
Anexo 2.25 Proctor modificado calicata #6 - A2

Calicata #6 - Estrato A2										
Datos del Molde										
Peso (gr)	5093		Diámetro (cm)		15,2		Altura (cm)		11,70	
			Área (cm ²)		181,46		Volumen (cm ³)		2123,06	
Determinación de contenido de humedad										
Descripción	1		2		3		4		5	
	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5	Recipiente 6	Recipiente 7	Recipiente 8	Recipiente 9	Recipiente 10
Masa del recipiente (g)	17,25	17,62	17,22	17,38	17,47	17,95	16,43	16,94	17,61	18,2
Recipiente más suelo húmedo (g)	64	69	57,43	62,05	61	72	62,74	60,73	47,68	54,16
Masa del recipiente + suelo seco (g)	57,65	62	51,2	55	52,9	62	52,9	51,4	40,6	45,8
Masa del agua (g)	6,35	7,000	6,23	7,05	8,1	10	9,84	9,33	7,08	8,36
Masa del suelo seco (g)	40,4	44,38	33,98	37,62	35,43	44,05	36,47	34,46	22,99	27,6
Contenido de agua (%)	15,72%	15,77%	18,33%	18,74%	22,86%	22,70%	26,98%	27,07%	30,80%	30,29%
Contenido de agua promedio (%)	15,75		18,54		22,78		27,03		30,54	
Determinación de densidades y humedad										
Masa del molde (g)	5093		5093		5093		5093		5093	
Masa del molde + suelo húmedo (g)	8700		8950		9140		9190		9150	
Masa suelo húmedo (g)	3607		3857		4047		4097		4057	
Densidad Húmeda (g/cm ³)	1,699		1,817		1,906		1,930		1,911	
Densidad seca (kg/m ³)	1467,82		1533		1552,37		1519,33		1463,92	
Densidad máxima	1550,72		kg/m ³		Humedad óptima		21,64		%	



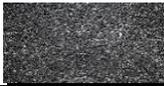
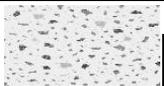
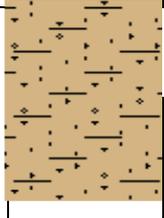
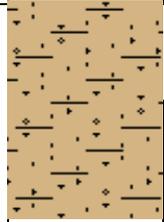
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.26 Perfil estratigráfico calicata #1

Descripción Calicata #1											
Proyecto:		Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero									
Estudiantes:		Paulo Cabrera y Gregori Otacoma									
Ubicación del Proyecto:		la Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay									
Material:		Subrasante Natural									
Código del proceso: --				Profundidad: 1,5 m							
Calicata: Primera				Norte: 9684906,23 m							
# de Muestra: A-2 A-3				Este: 717871,62 m							
Abscisa: 0+000				Cota: 2896 ms.n.n.							
Descripción del Perfil Estratigráfico											
Profundidad (cm)	Perfil	wn	LL	LP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	Descripción	SUCS	AASHTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
5		--	--	--	--	--	--	Lastre	--	--	
20		--	--	--	--	--	--	Relleno granular, color gris	--	--	
50		8,93%	24	11,00	43,86	36,48	19,66	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-6	
60		7,76%	30	20,00	61,65	27,4	10,95	Arena Arcillosa con grava	SP-SC	A-7-5	
80											
100											
120		18,76%	37	28,00	31,72	32,81	35,47	Grava Arcillosa con Arena	GC	A-4	
140											
150											

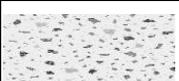
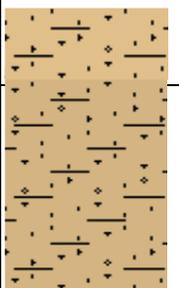
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.27 Perfil estratigráfico calicata #2

Descripción Calicata #2											
Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero										
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma										
Ubicación del Proyecto:	la Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay										
Material:	Subrasante Natural										
Código del proceso:	--	Profundidad:	1,5								m
Calicata:	Segunda	Norte:	9684323,58								m
# de Muestra:	A2-A3	Este:	717832,195								m
Abscisa:	0+500	Cota:	2860,735								ms.n.n.
Descripción del Perfil Estratigráfico											
Profundidad (cm)	Perfil	wn (%)	LL	LP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	Descripción	SUCS	AASHTO	
5		--	--	--	--	--	--	DBT	--	--	
20		--	--	--	--	--	--	Relleno granular, color gris	--	--	
50		25,00%	50	30,00	23,87	43,21	32,92	Arena Arcillosa con grava	SC	A-2-7	
60		16,82%	50	27,00	21,52	43,1	35,38	Arena Arcillosa con grava	SC	A-2-7	
80											
100											
120		17,65%	42	23,00	15,97	62,76	21,27	Arena Arcillosa con grava	SC	A-2-7	
140											
150											

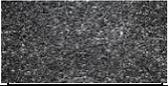
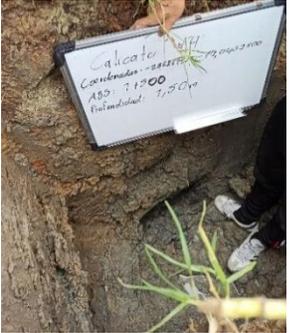
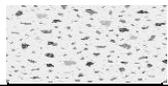
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.28 Perfil estratigráfico calicata #3

Descripción Calicata #3											
Proyecto:		Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero									
Estudiantes:		Paulo Cabrera y Gregori Otacoma									
Ubicación del Proyecto:		la Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay									
Material:		Subrasante Natural									
Código del proceso:					Profundidad:			1,5		m	
Calicata:					Norte:			9683755		m	
# de Muestra:					Este:			717433		m	
Abscisa:					Cota:			2816		ms.n.n.	
Descripción del Perfil Estratigráfico											
Profundidad (cm)	Perfil	wn (%)	LL	LP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	Descripción	SUCS	AASHTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
5		--	--	--	--	--	--	DBT	--	--	
20		--	--	--	--	--	--	Relleno granular, color gris	--	--	
50		14,68%	45	33,00	20,46	45,6	33,94	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-5	
60		15,74%	47	28,00	22,07	35,93	42	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-6	
80											
100											
120	17,92%	40	36,00	14,73	35,96	49,31	Arena Limosa con grava	SM	A-4		
140											
150											

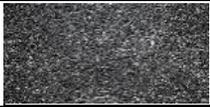
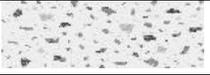
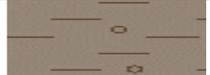
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.29 Perfil estratigráfico calicata #4

Descripción Calicata #4												
Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero											
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma											
Ubicación del Proyecto:	la Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay											
Material:	Subrasante Natural											
Código del proceso:	--	Profundidad:	1,5	m								
Calicata:	Cuarta	Norte:	9683396	m								
# de Muestra:	A-2 A-3	Este:	717209	m								
Abscisa:	1+500	Cota:	2805	ms.n.n.								
Descripción del Perfil Estratigráfico												
Profundidad (cm)	Perfil	wn	LL	LP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	Descripción	SUCS	AASHTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
5		--	--	--	--	--	--	DBT	--	--		
20		--	--	--	--	--	--	Relleno granular, color gris	--	--		
50		0,00%	0	0,00	0	0	0	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-6		
60		0,00%	0	0,00	0	0	0	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-5		
80												
100												
120		0,00%	0	0,00	0	0	0	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-6		
140												
150												

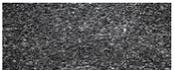
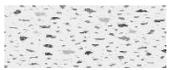
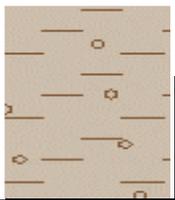
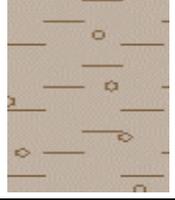
Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 2.30 Perfil estratigráfico calicata #5

Descripción Calicata #5											
Proyecto:		Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero									
Estudiantes:		Paulo Cabrera y Gregori Otacoma									
Ubicación del Proyecto:		la Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay									
Material:		Subrasante Natural									
Código del proceso:		--		Profundidad:		1,5		m			
Calicata:		Quinta		Norte:		9682906,31		m			
# de Muestra:		A-2 A-3		Este:		717172,48		m			
Abscisa:		2+000		Cota:		2770		ms.n.n.			
Descripción del Perfil Estratigráfico											
Profundidad (cm)	Perfil	wn	LL	LP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	Descripción	SUCS	AASHTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
5		--	--	--	--	--	--	DBT	--	--	
10								Relleno granular			
10								Material Orgánico			
50		56,25%	72	38,00	1,39	7,55	91,06	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-5	
60											
80		55,76%	77	39,00	1,39	7,55	91,06	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-5	
100											
120											
140		67,79%	93	25,00	1,67	10,3	88,03	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-6	
150											

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 2.31 Perfil estratigráfico calicata #6

Descripción Calicata #6											
Proyecto:		Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero									
Estudiantes:		Paulo Cabrera y Gregori Otacoma									
Ubicación del Proyecto:		la Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay									
Material:		Subrasante Natural									
Código del proceso:				--		Profundidad:		1,5		m	
Calicata:				Sexta		Norte:		9682550		m	
# de Muestra:				3		Este:		717218		m	
Abscisa:				2+500		Cota:		2747		ms.n.n.	
Descripción del Perfil Estratigráfico											
Profundidad (cm)	Perfil	wn	LL	LP	%GRAVAS	%ARENAS	%FINOS	Descripción	SUCS	AASHTO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
5		--	--	--	--	--	--	DBT	--	--	
20		--	--	--	--	--	--	Relleno granular, color gris	--	--	
50		24,38%	46	22,00	9,38	15,82	74,8	Arcilla Liguera Arenosa	SC	A-7-6	
60		26,90%	43	21,00	2,65	16,38	80,97	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-6	
80											
100											
120		26,26%	43	14,00	8,8	43,9	47,3	Arena Arcillosa con grava	SC	A-7-6	
140											
150											

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 2.32 Resultados de ensayos en laboratorio calicata #2



ENSAYO DE COMPACTACIÓN CON PROCTOR MODIFICADO

Ingeniería y Geotécnia

Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Via Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Via Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.		Fecha de Ensayo: 02/04/2024
Material:	----	Página:	1 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad:	1.5 m
Sondaje / Calicata:	Segunda	Norte:	9684324 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717832 m
Abscisa:	0+500	Cota:	2861 ms.n.m.

Datos del Molde

Peso (gr): 5093.0	Diámetro (cm): 15.20	Altura (cm): 11.70
	Área (cm²): 181.46	Volumen (cm³): 2123.06

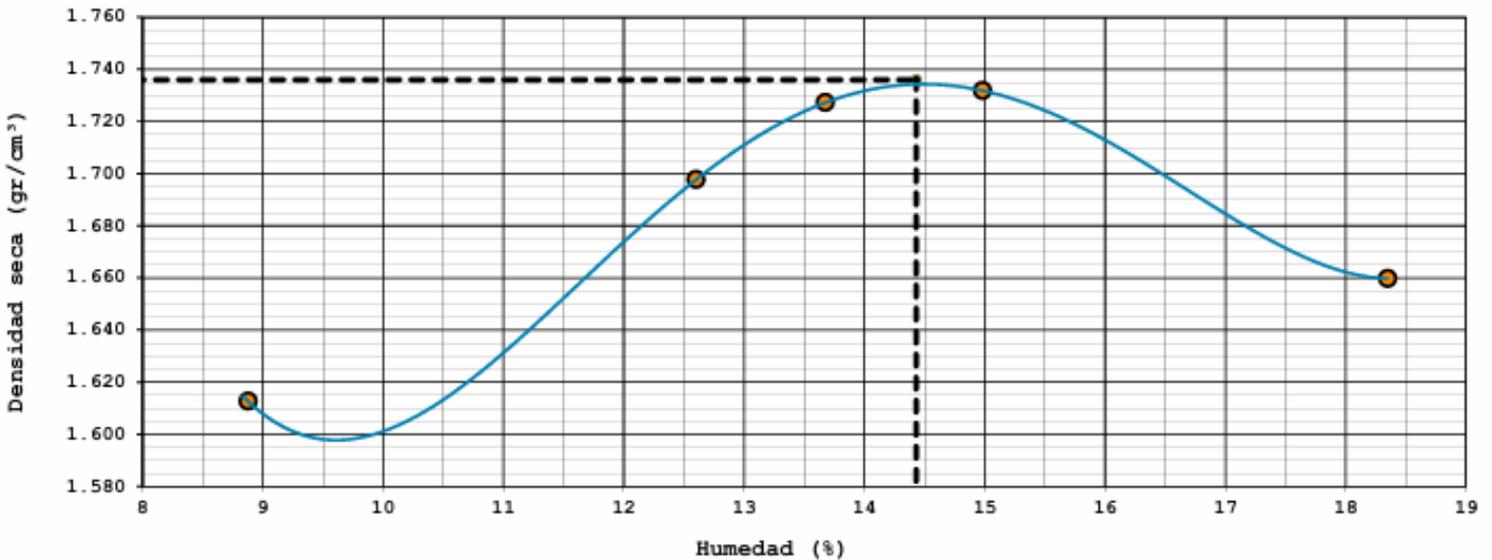
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
NORMA: AASHTO T-180 70 MÉTODO D**

NUMERO DE ENSAYOS	1			2			3			4			5			
Peso Suelo + Molde	gr.	8,820			9,150			9,265			9,315			9,260		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,727			4,057			4,172			4,222			4,167		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.755			1.911			1.965			1.989			1.963		
Tara Numero		48	33		12	22		10	16		26	27		46	26	
Peso de la Tara	gr.	16.92	17.71	FROM	17.22	17.38	FROM	17.10	18.02	FROM	16.94	17.12	FROM	16.43	16.94	FROM
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	65.00	67.00		57.43	62.05		57.00	64.00		57.00	64.00		62.74	60.73	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	61.08	63.00		52.93	57.08		52.20	58.40		51.78	58.00		55.56	54.00	
Peso del agua	gr.	3.92	4.00	3.96	4.50	4.97	4.74	4.80	5.60	5.20	5.22	6.00	5.61	7.18	6.73	6.96
Peso del suelo seco	gr.	44.16	45.29	44.73	35.71	39.70	37.71	35.10	40.38	37.74	34.84	40.88	37.86	39.13	37.06	38.10
Contenido de agua	%	8.88	8.83	8.85	12.60	12.52	12.56	13.68	13.87	13.77	14.98	14.68	14.83	18.35	18.16	18.25
Densidad Seca	gr/cm³	1.613			1.698			1.727			1.732			1.660		

Densidad Máxima Seca (gr/cm3): 1.736

Contenido Humedad Optima (%): 14.4

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Muestreado por :	Estudiante
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.	Fecha de Ensayo:	02/04/2024
Material:	----	Página:	2 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	Segunda	Norte:	9684324 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717832 m
Abscisa:	0+500	Cota:	2861 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.)	12,486	12,540	12,150	12,298	11,970	12,012
Peso molde (gr.)	8,284	8,284	8,261	8,261	8,317	8,317
Peso suelo compactado (gr.)	4,202	4,256	3,889	4,037	3,653	3,695
Volumen de la muestra (cm ³)	2,116	2,116	2,105	2,105	2,113	2,113
Densidad húmeda (gr./cm ³)	1.986	2.011	1.848	1.918	1.729	1.749
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.741	1.679	1.617	1.597	1.512	1.444

CONTENIDO DE HUMEDAD

	56a	25a	11a
Peso de tara (gr.)	17.4	17.6	17.4
Tara + suelo húmedo (gr.)	66.0	60.0	49.1
Tara + suelo seco (gr.)	60.0	53.0	43.6
Peso de agua (gr.)	6.0	7.0	5.5
Peso de suelo seco (gr.)	42.6	35.4	26.2
Humedad (%)	14.1	19.8	21.1

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01 mm	Expansión		Dial 0.01 mm	Expansión		Dial 0.01 mm	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
28-mar	14:00	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
29-mar	14:00	24	80	0.80	0.69	110	1.10	0.95	150	1.50	1.2
30-mar	14:00	48	150	1.50	1.29	190	1.90	1.64	210	2.10	1.8
31-mar	14:00	72	240	2.40	2.06	330	3.30	2.84	360	3.60	3.1
1-abr	14:00	96	360	3.60	3.10	415	4.15	3.58	465	4.65	4.0

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		52	2.7			39	2.0			13	0.7		
0.050		58	3.0			44	2.3			16	0.8		
0.075		63	3.2			48	2.5			19	1.0		
0.100	70.307	68	3.5	3.5	5.0	51	2.6	2.7	3.8	21	1.1	1.1	1.5
0.150		76	3.9			56	2.9			25	1.3		
0.200	105.460	84	4.4	4.3	4.1	62	3.2	3.2	3.0	28	1.5	1.5	1.4
0.250		93	4.8			67	3.4			32	1.6		
0.300		101	5.2			72	3.7			35	1.8		
0.400		120	6.2			83	4.3			40	2.1		
0.500		134	6.9			91	4.7			45	2.3		

OBSERVACIONES:



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

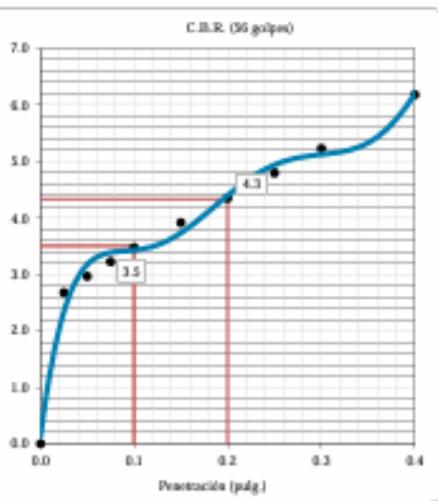
Ingeniería y Geotécnica

Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

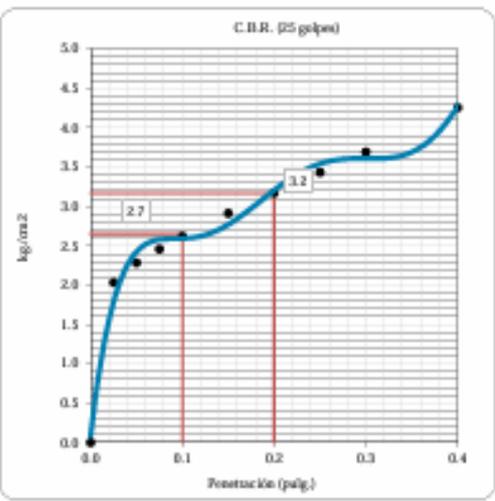
Objeto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Via Cesar Andrade y Cordero.			
Constructor:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Muestreado por :	Estudiantes	
Realizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Ensayado por :	InGeotec	
Descripción de Proyecto:	La Via Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.		Fecha de Ensayo:	2/04/2024
Material:	----	Página:	3 de 3	
Etapa del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5	
Tipaje / Calicata:	Segunda	Norte:	9684324 m	
Etiqueta Muestra:	A2-A3	Este:	717832 m	
Clasificación:	0+500	Cota:	2861 ms.n.m.	

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

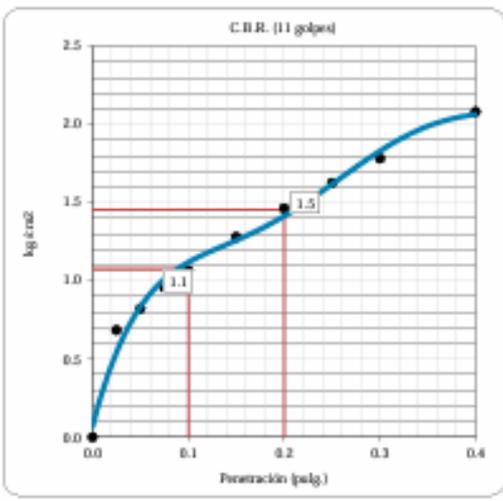
Densidad Seca	1.736 gr./cm ³	Optimo Contenido de Humedad	14.43 %
Densidad Seca al 95%	1.649 gr./cm ³		



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :	5.0 %
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	4.3 %

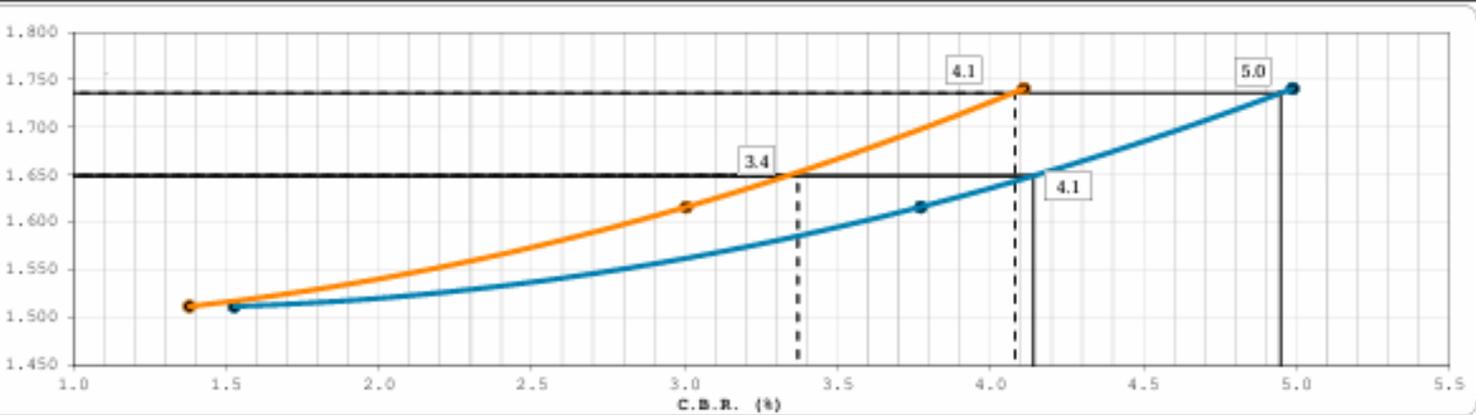


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :	3.8 %
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	3.2 %



C.B.R. (0.1") 11 GOLPES :	1.5 %
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	1.5 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":	4.95 %	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2":	4.08 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1":	4.14 %	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2":	3.37 %

REMARKS:



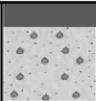
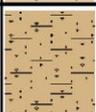
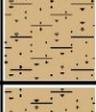
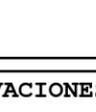
 Ing. Alex Ordoñez Castro. Msc
 Responsable técnico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma		
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma		
Ubicación de Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.	Fecha:	02/04/2024
Material:	----	Página:	4 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	Segunda	Norte:	9684324 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717832 m
Abscisa:	0+500	Cota:	2861 m

REGISTRO DE SONDAJES

Prof. (cm)	Perfil	% on	LL	LP	% Gravas	% Arenas	% Finos	DESCRIPCIÓN	A A S H T O	REGISTRO FOTOGRÁFICO
05		--	--	--	---	---	---	DTB Relleno granular	---	
20		25.0	50	30	23.9	43.2	32.9	Arena arcillosa con grava	A-2-7	
40		16.8	50	27	21.5	43.1	35.7	Arena arcillosa con grava	A-2-7	
60		17.7	42	23	16.0	62.8	21.3	Arena arcillosa con grava	A-2-7	
80										
100										
120										
140										
160										

OBSERVACIONES: No se evidencia nivel freático.

Anexo 2.33 Resultados de ensayos en laboratorio calicata #4



ENSAYO DE COMPACTACIÓN CON PROCTOR MODIFICADO

Ingeniería y Geotécnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Via Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Via Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.		Fecha de Ensayo: 02/04/2023
Material:	---		Página: 1 de 4
Código del proceso:	---		Profundidad: 1.5 m
Sondaje / Calicata:	Cuarta	Norte:	9683396 m
N° de Muestra:	A-2, A-3	Este:	717209 m
Abscisa:	1+500	Cota:	2805 ms.n.n.

Datos del Molde

Peso (gr): 5093.0	Diámetro (cm): 15.20	Altura (cm): 11.70
	Área (cm²): 181.46	Volumen (cm³): 2123.06

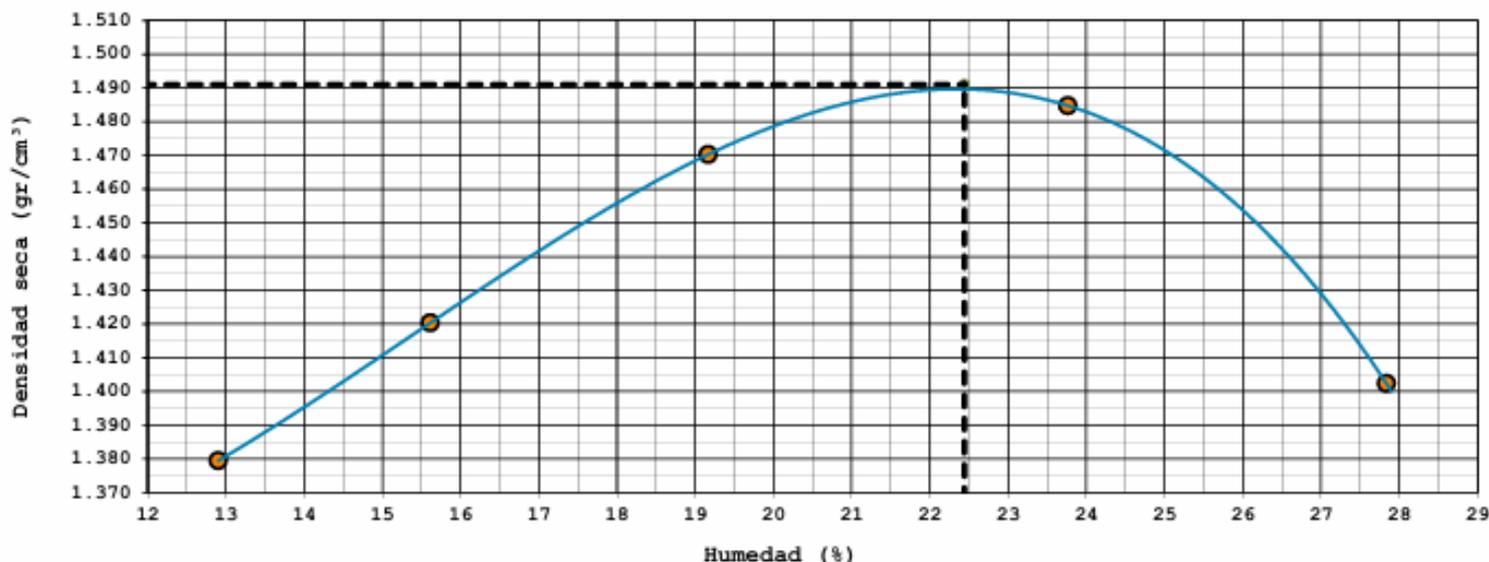
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
NORMA: AASHTO T-180 70 MÉTODO D**

NUMERO DE ENSAYOS		1		2		3		4			
Peso Suelo + Molde	gr.	8,400		8,580		8,815		8,990		8,900	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,307		3,487		3,722		3,897		3,807	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,558		1,642		1,753		1,836		1,793	
Tara Numero		25	53			47	31			50	11
Peso de la Tara	gr.	17.37	17.79	PROM	17.22 17.38	PROM	17.18 17.46	PROM	17.22 16.94	PROM	17.32 17.50
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	62.00	61.00		57.43 62.05		52.00 57.00		62.74 60.73		62.74 60.73
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	56.90	56.05		52.00 56.00		46.40 50.60		54.00 52.40		52.85 51.30
Peso del agua	gr.	5.10	4.95	5.03	5.43 6.05	5.74	5.60 6.40	6.00	8.74 8.33	8.54	9.89 9.43
Peso del suelo seco	gr.	39.53	38.26	38.90	34.78 38.62	36.70	29.22 33.14	31.18	36.78 35.46	36.12	35.53 33.80
Contenido de agua	%	12.90	12.94	12.92	15.61 15.67	15.64	19.16 19.31	19.24	23.76 23.49	23.63	27.84 27.90
Densidad Seca	gr/cm³	1.379		1.420		1.470		1.485		1.402	

Densidad Máxima Seca (gr/cm3): 1.491

Contenido Humedad Optima (%): 22.4

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Via Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Via Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.	Fecha de Ensayo:	02/04/2023
Material:	---	Página:	2 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad(m):	1.5
Sondaje / Calicata:	Cuarta	Norte:	9683396 m
N° de Muestra:	A-2, A-3	Este:	717209 m
Abscisa:	1+500	Cota:	2805 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°	56B		25B		11B	
	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.)	12,179	12,380	11,280	11,410	10,879	11,100
Peso molde (gr.)	8,245	8,245	7,482	7,482	7,385	7,385
Peso suelo compactado (gr.)	3,934	4,135	3,798	3,928	3,494	3,715
Volumen de la muestra (cm ³)	2,125	2,125	2,080	2,080	2,086	2,086
Densidad húmeda (gr./cm ³)	1.851	1.946	1.826	1.889	1.675	1.781
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.517	1.501	1.494	1.446	1.372	1.353

CONTENIDO DE HUMEDAD

	56B	25B	11B
Peso de tara (gr.)	17.6	17.5	17.4
Tara + suelo húmedo (gr.)	63.0	63.0	62.0
Tara + suelo seco (gr.)	54.8	52.6	54.0
Peso de agua (gr.)	8.2	10.4	8.0
Peso de suelo seco (gr.)	37.2	35.1	36.3
Humedad (%)	22.1	29.6	22.0

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01 mm		Expansión		Dial 0.01 mm		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%		
28-mar	9:00	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
29-mar	9:00	24	190	1.90	1.63	230	2.30	310	3.10	2.66
30-mar	9:00	48	285	2.85	2.44	330	3.30	410	4.10	3.52
31-mar	9:00	72	420	4.20	3.60	490	4.90	680	6.80	5.84
1-abr	9:00	96	517	5.17	4.43	730	7.30	832	8.32	7.14

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	56B				25B				11B			
		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		31	1.6			23	1.2			11	0.5		
0.050		39	2.0			30	1.5			15	0.8		
0.075		47	2.4			35	1.8			18	1.0		
0.100	70.307	55	2.8	2.8	4.1	41	2.1	2.1	3.0	22	1.1	1.1	1.6
0.150		70	3.6			52	2.7			29	1.5		
0.200	105.460	84	4.3	4.3	4.1	60	3.1	3.1	2.9	34	1.8	1.7	1.6
0.250		96	5.0			69	3.5			39	2.0		
0.300		108	5.6			77	3.9			43	2.2		
0.400		129	6.7			91	4.7			49	2.5		
0.500		143	7.4			100	5.2			54	2.8		

OBSERVACIONES:



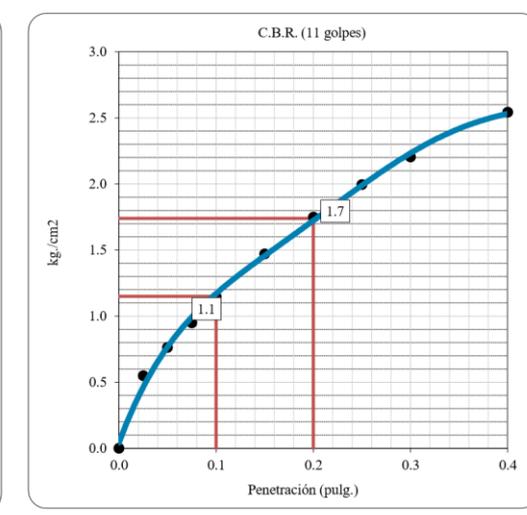
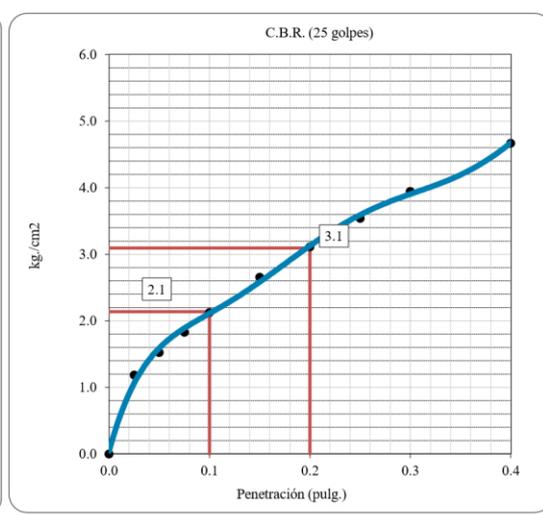
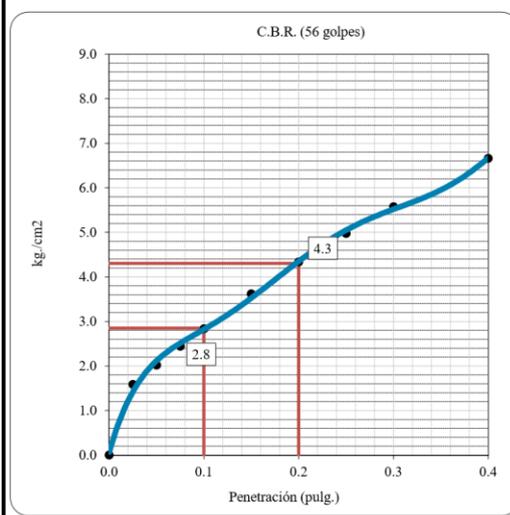
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Ingeniería y Geotécnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Muestreado por :	Estudiante
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.	Fecha de Ensayo:	2/04/2023
Material:	---	Página:	3 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	Cuarta	Norte:	9683396 m
N° de Muestra:	A-2, A-3	Este:	717209 m
Abscisa:	1+500	Cota:	2805 ms.n.m.

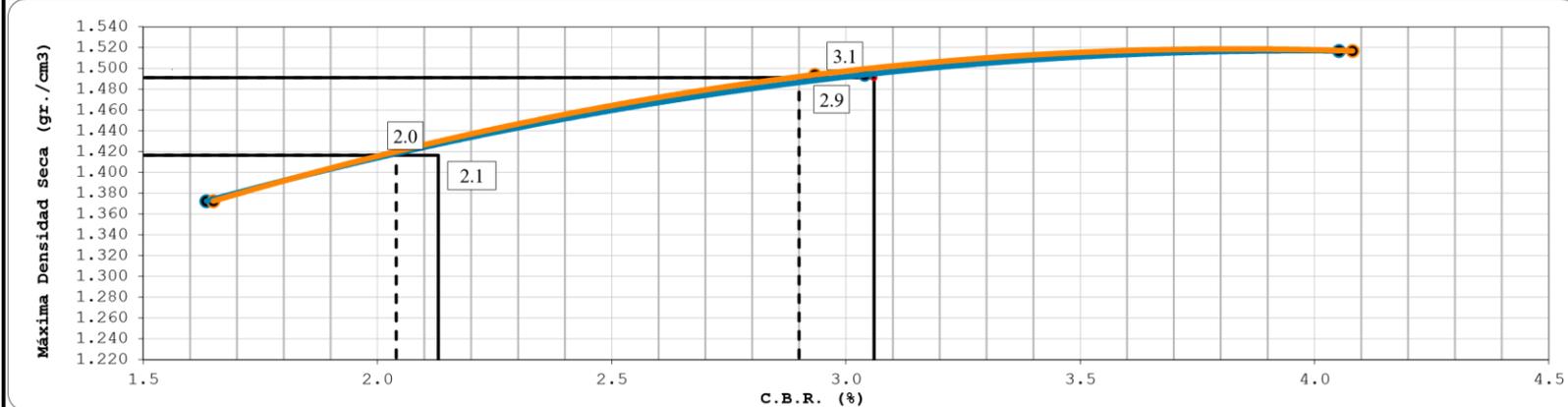
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA. NORMA ASTM D1883-73

Datos de muestra			
Máxima Densidad Seca	1.491 gr./cm ³	Optimo Contenido de Humedad	22.44 %
Máxima Densidad Seca al 95%	1.416 gr./cm ³		



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :	4.1 %	C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :	3.0 %	C.B.R. (0.1") 11 GOLPES :	1.6 %
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	4.3 %	C.B.R. (0.2") 25 GOLPES :	3.1 %	C.B.R. (0.2") 11 GOLPES :	1.7 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1":	3.06 %	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2":	2.90 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1":	2.13 %	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2":	2.04 %

OBSERVACIONES:



Ing. Alex Ordoñez Castro. Msc
Responsable técnico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Ingeniería y Geotécnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de Pavimentos para la Vía Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma		
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma		
Ubicación de Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.	Fecha:	02/04/2023
Material:	---	Página:	4 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	Cuarta	Norte:	9683396 m
N° de Muestra:	A-2, A-3	Este:	717209 m
Abscisa:	1+500	Cota:	2805 m

REGISTRO DE SONDAJES

Prof. (cm)	Perfil	% on	LL	LP	% Gravas	% Arenas	% Finos	DESCRIPCIÓN	A A S H T O	REGISTRO FOTOGRÁFICO
05								DTB		
20		--	--	--	---	---	---	Relleno Granular	---	
40		33.0	69	29	3.1	31.3	65.6	Arcilla densa arenosa	A-7-6	
60										
80		32.6	69	35	22.4	22.4	55.2	Arcilla densa arenosa con grava	A-7-5	
100										
120		35.1	67	26	13.6	24.2	62.3	Arcilla densa arenosa	A-7-6	
140										
160										

OBSERVACIONES: No se evidencia nivel freático.

Anexo 2.34 Resultados de ensayos en laboratorio calicata #6



ENSAYO DE COMPACTACIÓN CON PROCTOR MODIFICADO

Ingeniería y Geotécnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.		Fecha de Ensayo: 03/04/2024
Material:	---		Página: 1 de 4
Código del proceso:	---		Profundidad: 1.5 m
Sondaje / Calicata:	Sexta	Norte:	9682543 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717218 m
Abscisa:	2+500	Cota:	2743 ms.n.m.

Datos del Molde

Peso (gr): 5093.0	Diámetro (cm): 15.20	Altura (cm): 11.70
	Área (cm²): 181.46	Volumen (cm³): 2123.06

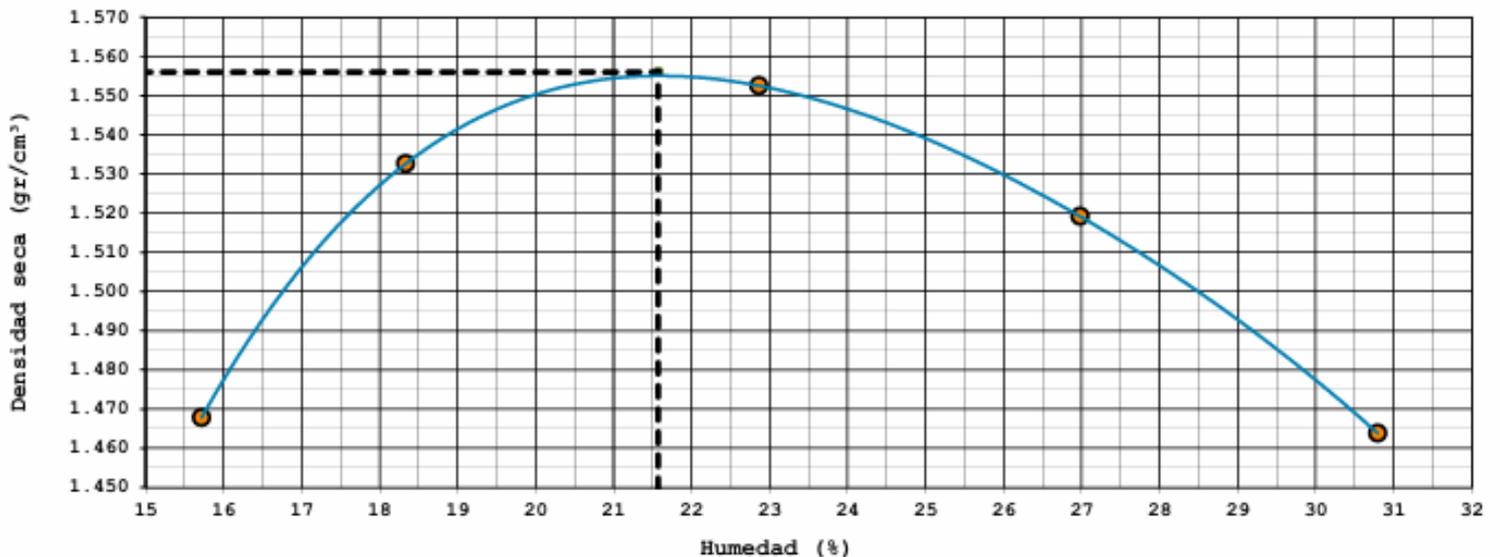
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
NORMA: AASHTO T-180 70 MÉTODO D

NUMERO DE ENSAYOS	1			2			3			4						
Peso Suelo + Molde	gr.	8,700			8,950			9,140			9,190			9,150		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,607			3,857			4,047			4,097			4,057		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.699			1.817			1.906			1.930			1.911		
Tara Numero		35	54		12	22		41	13		46	26		36	15	
Peso de la Tara	gr.	17.25	17.62	FROM	17.22	17.38	FROM	17.47	17.95	FROM	16.43	16.94	FROM	17.61	18.20	FROM
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	64.00	69.00		57.43	62.05		61.00	72.00		62.74	60.73		47.68	54.16	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	57.65	62.00		51.20	55.00		52.90	62.00		52.90	51.40		40.60	45.80	
Peso del agua	gr.	6.35	7.00	6.68	6.23	7.05	6.64	8.10	10.00	9.05	9.84	9.33	9.59	7.08	8.36	7.72
Peso del suelo seco	gr.	40.40	44.38	42.39	33.98	37.62	35.80	35.43	44.05	39.74	36.47	34.46	35.47	22.99	27.60	25.30
Contenido de agua	%	15.72	15.77	15.75	18.33	18.74	18.54	22.86	22.70	22.78	26.98	27.07	27.03	30.80	30.29	30.54
Densidad Seca	gr/cm³	1.468			1.533			1.553			1.519			1.464		

Densidad Máxima Seca (gr/cm³): 1.556

Contenido Humedad Optima (%): 21.57

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

InGeotec		VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR												
Ingeniería y Geotécnica Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón														
Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Cesar Andrade y Cordero.													
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma					Muestreado por :	Estudiantes							
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma					Ensayado por :	InGeotec							
Ubicación de Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.					Fecha de Ensayo:	03/04/2024							
Material:	---										Página:	2 de 4		
Código del proceso:	---										Profundidad(m) :	1.5		
Sondaje / Calicata:	Sexta					Norte:	9682543 m							
N° de Muestra:	A2-A3					Este:	717218 m							
Abscisa:	2+500					Cota:	2743 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°	56B			25B			11B							
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.)	12,348		12,425		11,284		11,429		11,045		11,260			
Peso molde (gr.)	8,245		8,245		7,482		7,482		7,385		7,385			
Peso suelo compactado (gr.)	4,103		4,180		3,802		3,947		3,660		3,875			
Volumen de la muestra (cm ³)	2,125		2,125		2,080		2,080		2,086		2,086			
Densidad húmeda (gr./cm ³)	1.931		1.967		1.828		1.898		1.754		1.857			
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.588		1.524		1.503		1.457		1.443		1.416			
CONTENIDO DE HUMEDAD														
Peso de tara (gr.)	16.9		17.9		17.1		17.5		17.8		17.5			
Tara + suelo húmedo (gr.)	69.0		72.0		66.0		62.0		68.0		65.0			
Tara + suelo seco (gr.)	59.8		59.8		57.3		51.7		59.1		53.7			
Peso de agua (gr.)	9.2		12.2		8.7		10.4		8.9		11.3			
Peso de suelo seco (gr.)	42.8		42.0		40.2		34.2		41.3		36.2			
Humedad (%)	21.6		29.1		21.7		30.3		21.5		31.2			
EXPANSIÓN														
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01 mm		Expansión		Dial 0.01 mm		Expansión		Dial 0.01 mm		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
21-mar	14:00	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00
22-mar	14:00	24	240	2.40	2.05	365	3.65	3.14	450	4.50	3.86	4.50	3.86	
23-mar	14:00	48	450	4.50	3.85	520	5.20	4.47	750	7.50	6.44	7.50	6.44	
24-mar	14:00	72	680	6.80	5.82	810	8.10	6.96	960	9.60	8.24	9.60	8.24	
25-mar	14:00	144	904	9.04	7.74	1067	10.67	9.17	1182	11.82	10.15	11.82	10.15	
PENETRACIÓN														
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	56B				25B				11B				
		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		32	1.6			30	1.6			31	1.6			
0.050		37	1.9			36	1.9			34	1.7			
0.075		42	2.2			40	2.1			37	1.9			
0.100	70.307	47	2.4	2.4	3.4	44	2.3	2.3	3.3	39	2.0	2.1	3.0	
0.150		55	2.9			51	2.6			43	2.2			
0.200	105.460	63	3.2	3.2	3.1	56	2.9	2.9	2.7	48	2.5	2.4	2.3	
0.250		70	3.6			62	3.2			52	2.7			
0.300		76	3.9			68	3.5			57	2.9			
0.400		92	4.7			80	4.1			66	3.4			
0.500		104	5.4			89	4.6			74	3.8			
OBSERVACIONES:														
InGeotec														



VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

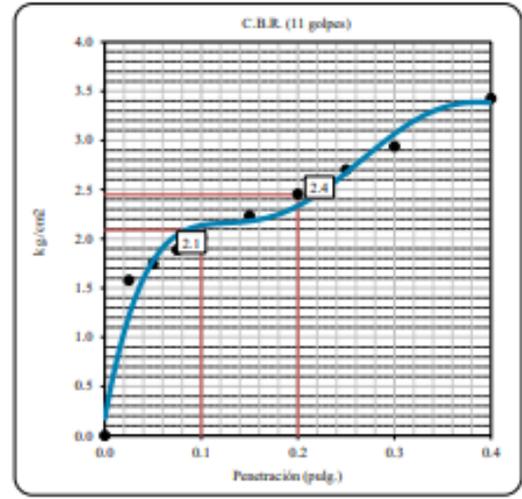
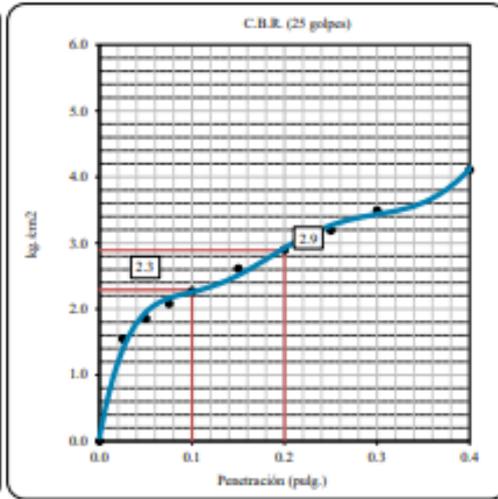
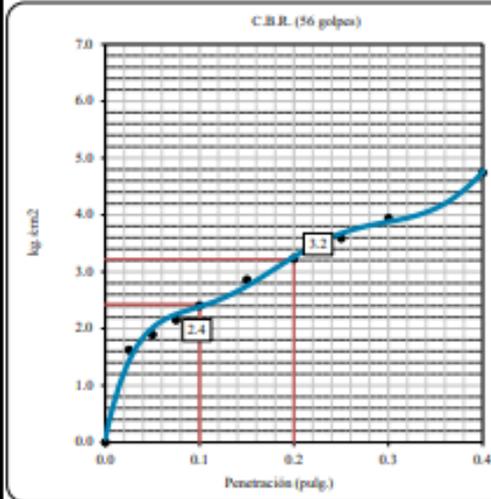
Ingeniería y Geotecnia
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Muestreado por :	Estudiantes
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma	Ensayado por :	InGeotec
Ubicación de Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.	Fecha de Ensayo:	3/04/2024
Material:	---	Página:	3 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	Sexta	Norte:	9682543 m
Nº de Muestra:	A2-A3	Este:	717218 m
Abscisa:	2+500	Cota:	2743 ms.n.m.

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

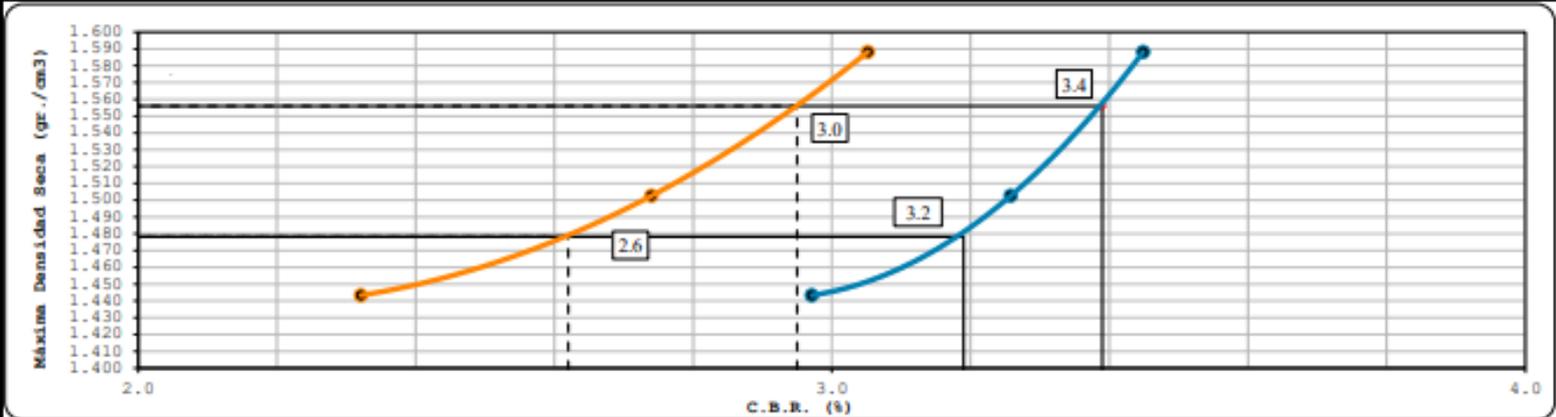
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca	1.556 gr./cm ³	Optimo Contenido de Humedad	21.57 %
Máxima Densidad Seca al 95%	1.478 gr./cm ³		



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :	3.4 %	C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :	3.3 %	C.B.R. (0.1") 11 GOLPES :	3.0 %
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES :	3.2 %	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":	3.39 %	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2":	2.95 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1":	3.19 %	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2":	2.62 %

OBSERVACIONES:



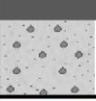
Ing. Alex Ordoñez Castro. Msc
Responsable técnico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Ingeniería y Geotécnica
Laboratorio de suelos, asfalto y hormigón

Proyecto:	Diseño Geométrico y de pavimento de la Vía Cesar Andrade y Cordero.		
Estudiantes:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma		
Fiscalizador:	Paulo Cabrera y Gregori Otacoma		
Ubicación de Proyecto:	La Vía Cesar Andrade y Cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, Cantón Cuenca-Ecuador.	Fecha:	03/04/2024
Material:	---	Página:	4 de 4
Código del proceso:	---	Profundidad (m):	1.5
Sondaje / Calicata:	Sexta	Norte:	9682543 m
N° de Muestra:	A2-A3	Este:	717218 m
Abscisa:	2+500	Cota:	2743 m

REGISTRO DE SONDAJES

Prof. (cm)	Perfil	% W _n	LL	LP	% Gravas	% Arenas	% Finos	DESCRIPCIÓN	A A S H T O	REGISTRO FOTOGRÁFICO
05		--	--	--	---	---	---	DTB Relleno Granular	---	
20		24.4	46	22	9.4	15.8	74.8	Arcilla ligera arenosa.	A-7-6	
40		26.9	43	21	2.7	16.4	81.0	Arcilla ligera arenosa.	A-7-6	
60		26.3	43	14	8.8	43.9	47.3	Arcilla ligera arenosa.	A-7-6	
80										
100										
120										
140										
160										

OBSERVACIONES: No se evidencia nivel freático.

ANEXO III
Levantamiento Topográfico

Anexo 3.1 Puntos de referencia levantados

Puntos de Referencia				
Punto	Norte	Este	Elevación	Descripción
1001,000	9681962,737	717301,010	2706,663	RF1
1002,000	9681956,147	717320,009	2706,478	REF2
1003,000	9682005,840	717282,192	2708,450	E2
1004,000	9682111,240	717267,285	2717,277	E2
1005,000	9682233,092	717216,825	2724,735	E3
1006,000	9682378,926	717192,570	2735,585	E4
1007,000	9682512,270	717224,978	2742,982	E5
1008,000	9682588,844	717234,113	2747,295	vía
1009,000	9682637,516	717259,434	2750,874	E7
1010,000	9682753,078	717240,181	2761,884	E8
1011,000	9682765,018	717181,061	2762,591	E9
1012,000	9683005,922	717175,234	2773,152	E10
1013,000	9682970,369	717181,972	2772,364	REF3
1014,000	9682970,398	717184,293	2772,466	REF1cancha
1015,000	9682961,462	717183,786	2772,480	REF2cancha
1016,000	9683005,936	717177,561	2773,268	E11
1017,000	9683020,753	717126,950	2772,461	E12
1018,000	9683228,806	717110,965	2788,753	E12
1019,000	9683297,289	717135,368	2798,257	E14
1020,000	9683503,369	717271,663	2813,648	E15
1021,000	9683709,076	717420,080	2817,143	E16
1022,000	9683692,382	717409,327	2816,789	REF1cruce
1023,000	9683682,941	717402,684	2816,506	REF2cruce
1024,000	9683771,390	717442,056	2814,043	E17
1025,000	9683905,486	717545,299	2825,018	E18
1026,000	9683969,921	717608,830	2832,479	E19
1027,000	9684041,761	717654,638	2839,206	E20
1028,000	9684121,403	717672,448	2843,521	E21
1029,000	9684165,606	717737,883	2848,194	E22
1030,000	9684323,580	717832,195	2860,735	E23
1031,000	9684422,744	717850,673	2866,002	E24
1032,000	9684467,674	717871,929	2869,523	E25
1033,000	9684529,206	717863,559	2873,839	E26
1034,000	9684663,735	717840,314	2881,644	E27
1035,000	9684770,864	717865,213	2890,054	E28
1036,000	9684821,589	717855,334	2894,352	E29
1037,000	9684854,724	717865,576	2896,394	E30

Fuente: Elaboración propia (2024).

ANEXO IV

Diseño Geométrico Horizontal, Vertical y Transversal

Anexo 4.1 Dimensiones para cunetas

Dimensiones (m)	
Alto	0,45
Ancho bajante	0,7
Espesor espaldón	0,1
Profundidad	0,3

Área de la sección m ²	0,255
Volumen total m ³	1683

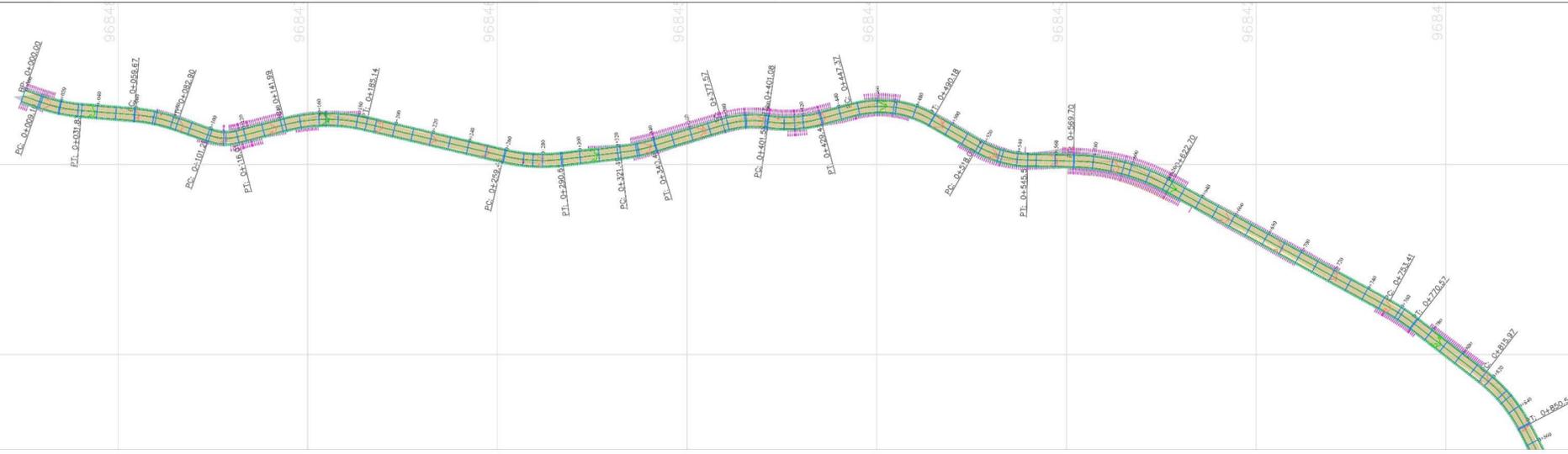
Excavación m ³	950,4
Relleno m ³	475,2

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Acero de refuerzo		
Acero longitudinal		
# varillas	3	--
separación	0,27	cm
Diámetro de la varilla	10	mm
Masa nominal	0,617	kg/m
Cantidad de acero total	12216,6	kg

Malla electro soldada 15x15x0.4		
Masa nominal	3,304	kg/m
Cantidad de acero total	10904,3	kg

DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL



ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGÍA

DISEÑO HORIZONTAL

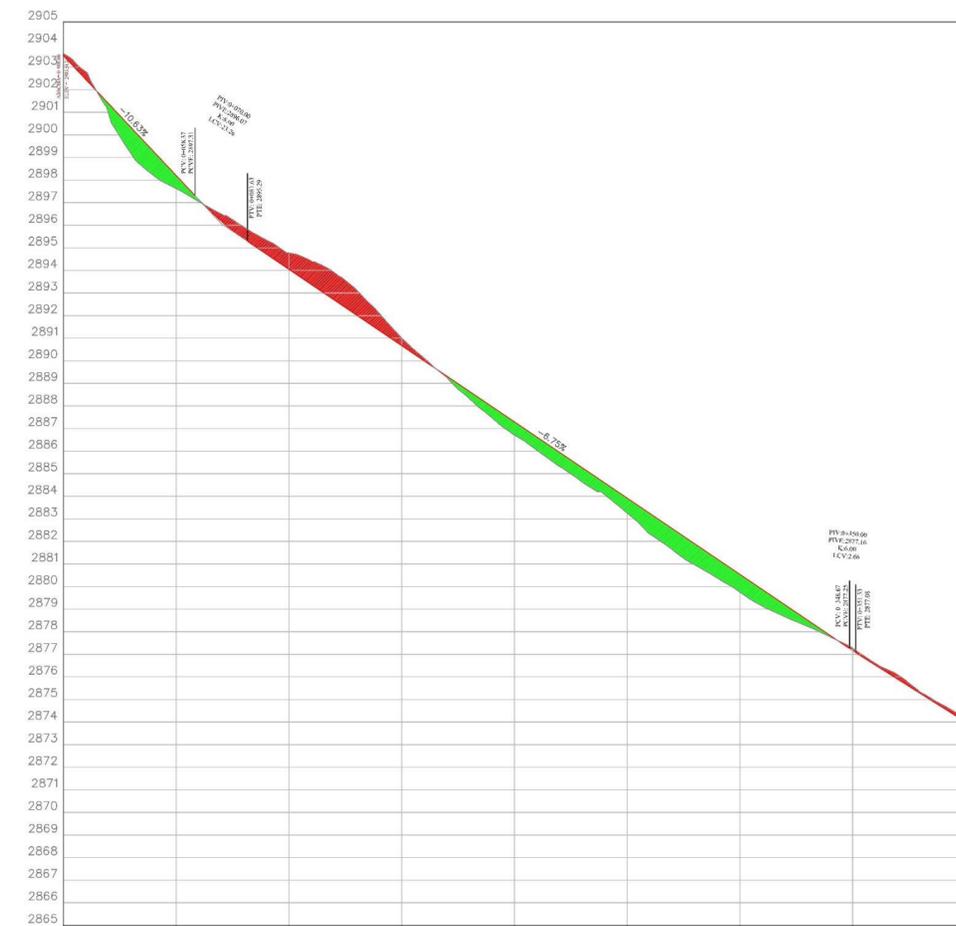
- EJE DE LA VÍA Y CARRIL
- BORDE DE LA VÍA PROYECTADA
- ANCHO DE LA CALZADA
- VÍA EXISTENTE
- REFERENCIAS

DISEÑO VERTICAL

- PERFIL DEL TERRENO
- PERFIL DE LA RASANTE
- ÁREA DE RELLENO
- ÁREA DE CORTE

PERFIL LONGITUDINAL

PERFIL LONGITUDINAL

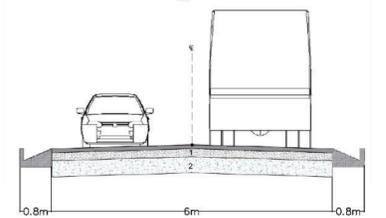


LOCALIZACIÓN



ESCALA: V=1:100
H=1:1000

SECCIÓN TRANSVERSAL



Esta sección transversal de la vía se utilizará para la estructura para pavimento rígido y flexible.
1-Base
2-Subbase

SADO	0+050	0+100	0+150	0+200	0+250	0+300	0+350
RELLENO	2897.62	2894.04	2890.69	2887.29	2883.91	2880.53	2877.27
RASANTE	2897.62	2894.77	2891.01	2886.71	2883.25	2879.76	2877.27
altura corte		0.72	0.34				0.11
altura relleno	0.57			0.58	0.66	0.78	

ABSCISADO	0+450	0+500	0+550	0+600	0+650	0+700	0+750	0+800	0+850
COTA TERRENO	2875.67	2867.69	2854.51	2841.37	2828.22	2815.07	2801.92	2788.77	2775.62
COTA RASANTE	2875.67	2867.11	2854.40	2842.08	2829.52	2816.12	2801.50	2786.44	2771.72
altura corte				0.69	0.29	0.04			
altura relleno	0.18	0.59	0.14				0.42	0.33	0.69

Facultad de Ciencia y Tecnología Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Descripción: Diseño geométrico de la vía Cesar Andrade y contorno, comprendida entre el Camino a Raza y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, abscisa 0+000 - 0+850.

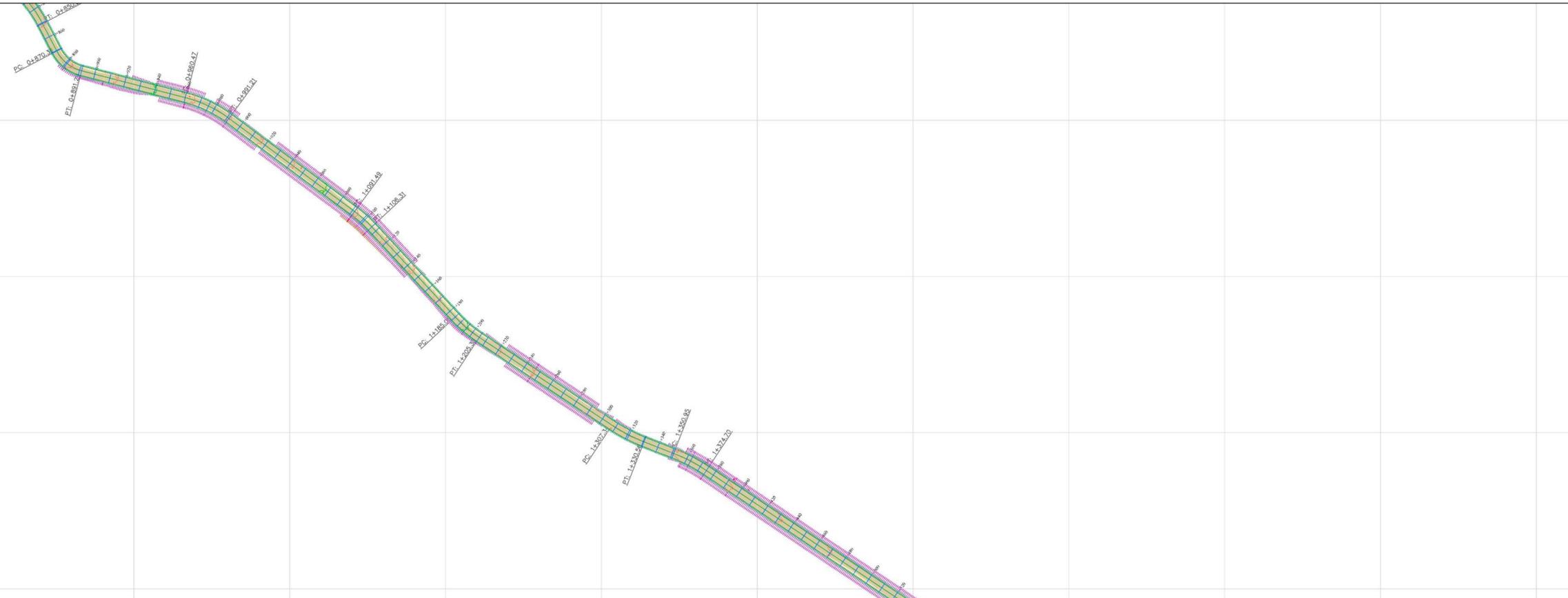
Responsables Diseño: Paulo Cabrera, Gregori Otacoma.

Responsables Dibujo: Paulo Cabrera, Gregori Otacoma.

Escala:	Especificadas	Plano N°	01.05	Contenido:	Diseño geométrico horizontal, diseño geométrico vertical, sección transversal, simbología, escalas, ubicación.
Fecha:	Cuenca, Mayo-2024	Responsabilidad:	Paulo Cabrera	Sellos Municipales:	
Revisión:			Gregori Otacoma		

Ing. Pablo Curvallo
Director de tesis

DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL



ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGÍA

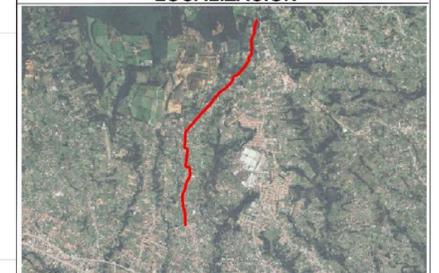
DISEÑO HORIZONTAL

- EJE DE LA VÍA Y CARRIL
- BORDE DE LA VÍA PROYECTADA
- ANCHO DE LA CALZADA
- VÍA EXISTENTE
- X REFERENCIAS

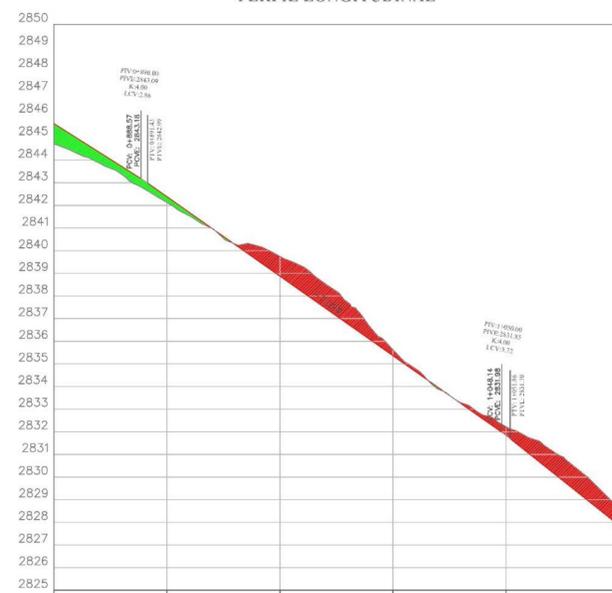
DISEÑO VERTICAL

- PERFIL DEL TERRENO
- PERFIL DE LA RASANTE
- ÁREA DE RELLENO
- ÁREA DE CORTE

LOCALIZACIÓN

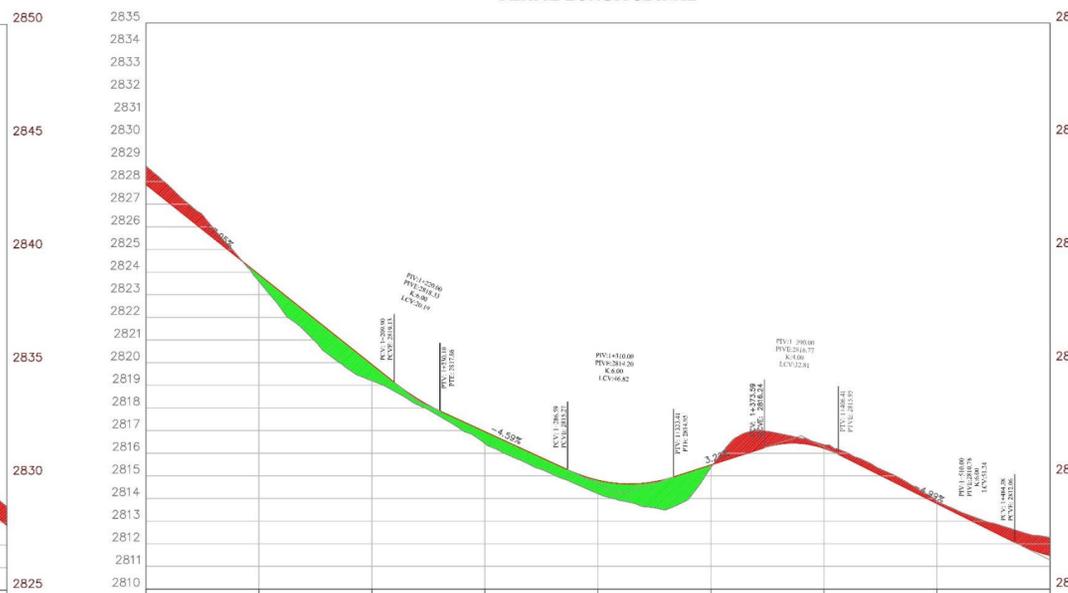


PERFIL LONGITUDINAL



ABSCISADO	0+000	0+500	1+000	1+050
COTA TERRENO	2842.36	2838.87	2835.36	2831.84
COTA RASANTE	2842.13	2838.75	2835.63	2832.23
Altura corte		0.87	0.27	0.38
Altura relleno	0.26			

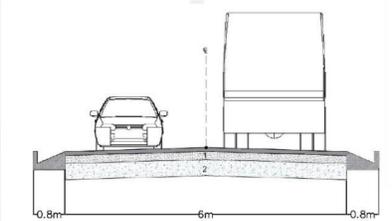
PERFIL LONGITUDINAL



ABSCISADO	1+150	1+200	1+250	1+300	1+350	1+400	1+450
COTA TERRENO	2823.89	2819.91	2816.91	2814.80	2815.48	2816.20	2813.77
COTA RASANTE	2823.59	2819.20	2816.43	2814.21	2815.38	2816.38	2813.59
Altura corte			0.52	0.59	0.11	0.16	0.12
Altura relleno	0.30	0.72					

ESCALA: V=1:100
H=1:1000

SECCIÓN TRANSVERSAL



Esta sección transversal de la vía se utilizará para la estructura para pavimento rígido y flexible.
1-Base
2-Subbase



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

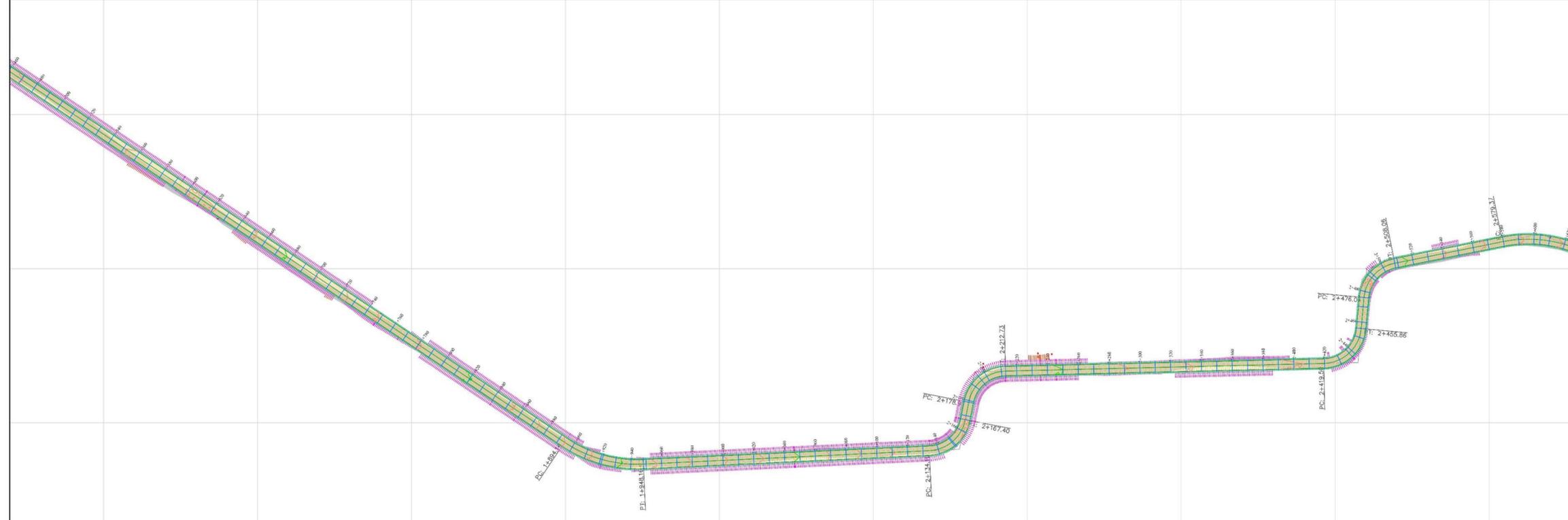
Facultad de Ciencia y Tecnología
Ingeniería Civil

Descripción: Diseño geométrico de la vía Cesar Andrade y céntrica, comprendida entre el Camino a Rasca y el cruce con la Iglesia San José de Halzay, abscisa 0+850 - 1+500.

Responsable Dicción: Pablo Cabrera, Gregori Otacoma.
Responsable Dibujo: Pablo Cabrera, Gregori Otacoma.

Escala:	Especificadas	Plano N°	02/05	Contenido:	Diseño geométrico horizontal, diseño geométrico vertical, sección transversal, simbología, escalas, ubicación.
Fecha:	Cuenca, Mayo-2024	Revisión:	Responsabilidad:	Sellos Municipales:	
		Pablo Cabrera			
Ing. Pablo Carralero Director de tesis		Gregori Otacoma			

DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL Y VERTICAL



ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGÍA

DISEÑO HORIZONTAL

- EJE DE LA VÍA Y CARRIL
- BORDE DE LA VÍA PROYECTADA
- ANCHO DE LA CALZADA
- VÍA EXISTENTE
- REFERENCIAS

DISEÑO VERTICAL

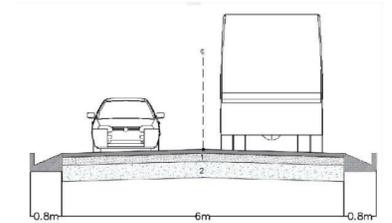
- PERFIL DEL TERRENO
- PERFIL DE LA RASANTE
- ÁREA DE RELLENO
- ÁREA DE CORTE

LOCALIZACIÓN



ESCALA: V=1:100
H=1:1000

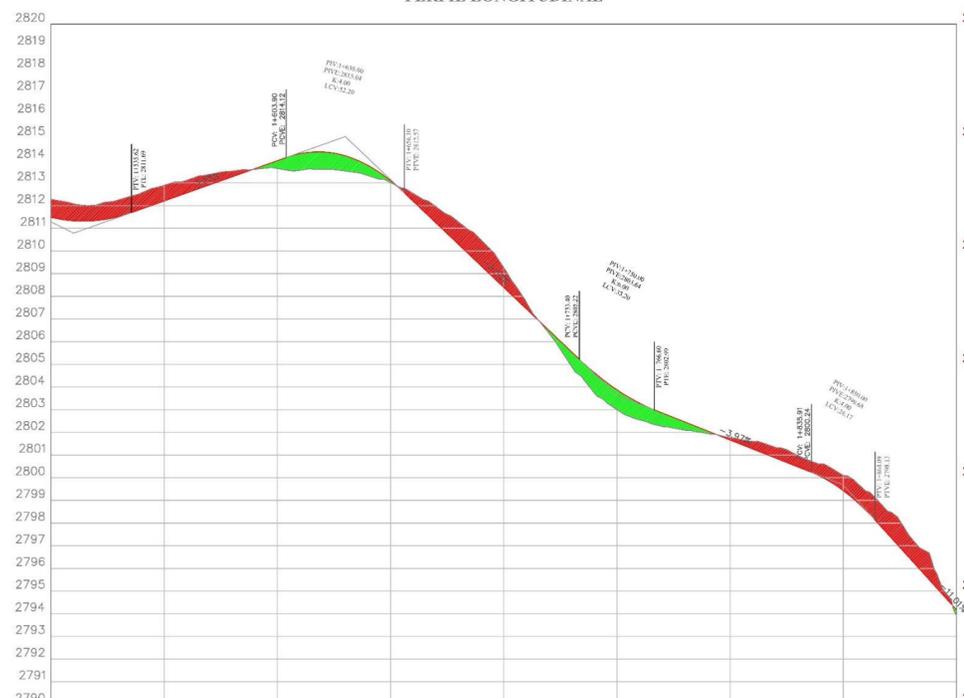
SECCIÓN TRANSVERSAL



Esta sección transversal de la vía se utilizará para la estructura para pavimento rígido y flexible.
1-Baso
2-Subbase

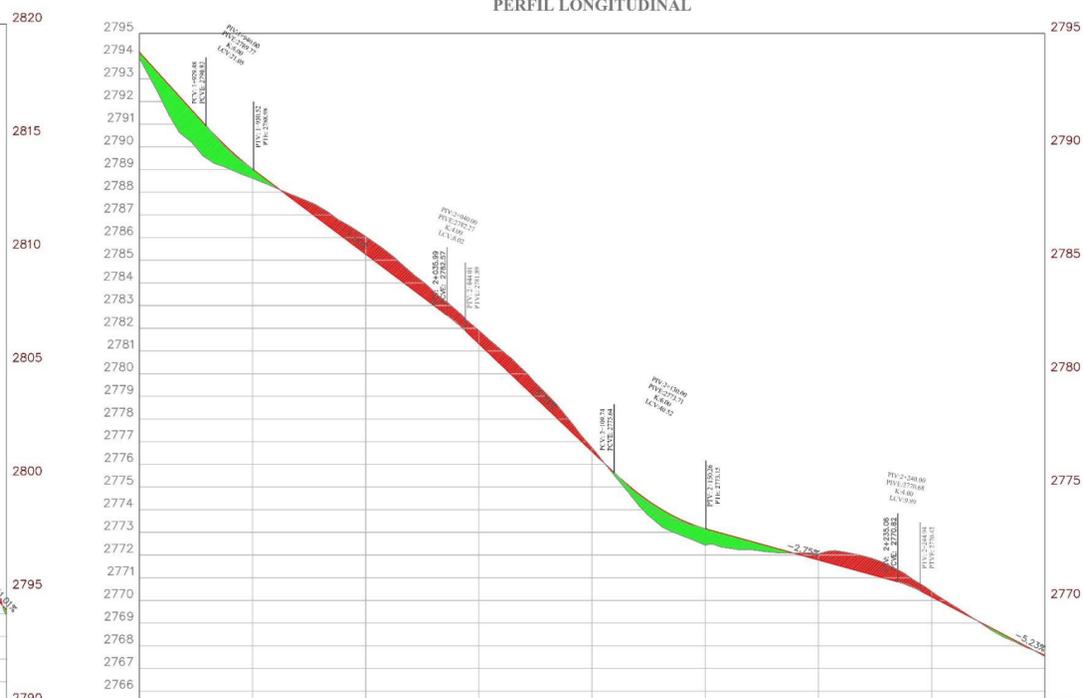
		Facultad de Ciencia y Tecnología Ingeniería Civil	
		Descripción: Diseño geométrico de la vía Cesar Andrade y condoro, comprendida entre el Camino a Kacay y el cruce con la Iglesia San José de Balzay, abscisa 1+500 - 2+300.	
Responsables Dicción: Paulo Cabrera, Gregori Otacoma.			
Responsables Dibujo: Paulo Cabrera, Gregori Otacoma.			
Escala: Especificadas Fecha: Cuenca, Mayo-2024 Revisión:	Plano N°: 03/05 Contenido: Diseño geométrico horizontal, diseño geométrico vertical, sección transversal, simbología, escalas, ubicación.	Responsabilidad: Paulo Cabrera Gregori Otacoma	
Ing. Pablo Carvallo Director de tesis			

PERFIL LONGITUDINAL



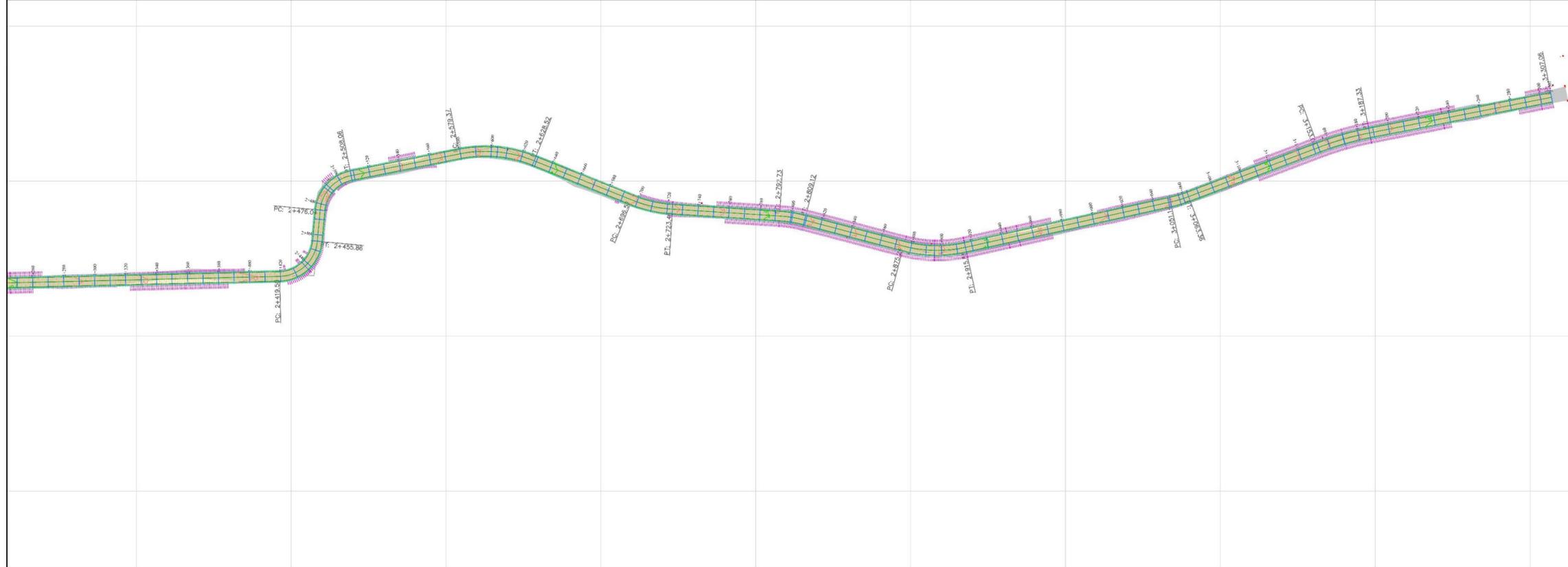
ABSCISADO	1+450	1+500	1+550	1+600	1+650	1+700	1+750	1+800	1+850
COTA TERRENO	2812.89	2813.979	2813.998	2809.27	2803.975	2801.692	2799.431	2795.020	2785.258
COTA RASANTE	2812.89	2813.979	2813.998	2809.27	2803.975	2801.692	2799.431	2795.020	2785.258
Altura corte	0.69			0.87		0.11		0.67	
Altura relleno		0.34	0.08		0.87				

PERFIL LONGITUDINAL



ABSCISADO	1+850	2+000	2+450	2+100	2+150	2+200	2+250
COTA TERRENO	2788.61	2785.258	2781.316	2776.654	2773.160	2771.763	2770.158
COTA RASANTE	2788.61	2785.258	2781.316	2776.654	2773.160	2771.763	2770.158
Altura corte		0.78	0.56	0.17		0.27	0.23
Altura relleno	0.41				0.72		

DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL



ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGÍA

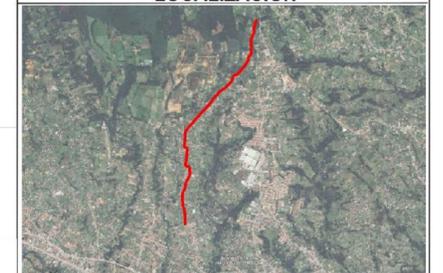
DISEÑO HORIZONTAL

- EJE DE LA VÍA Y CARRIL
- BORDE DE LA VÍA PROYECTADA
- ANCHO DE LA CALZADA
- VÍA EXISTENTE
- REFERENCIAS

DISEÑO VERTICAL

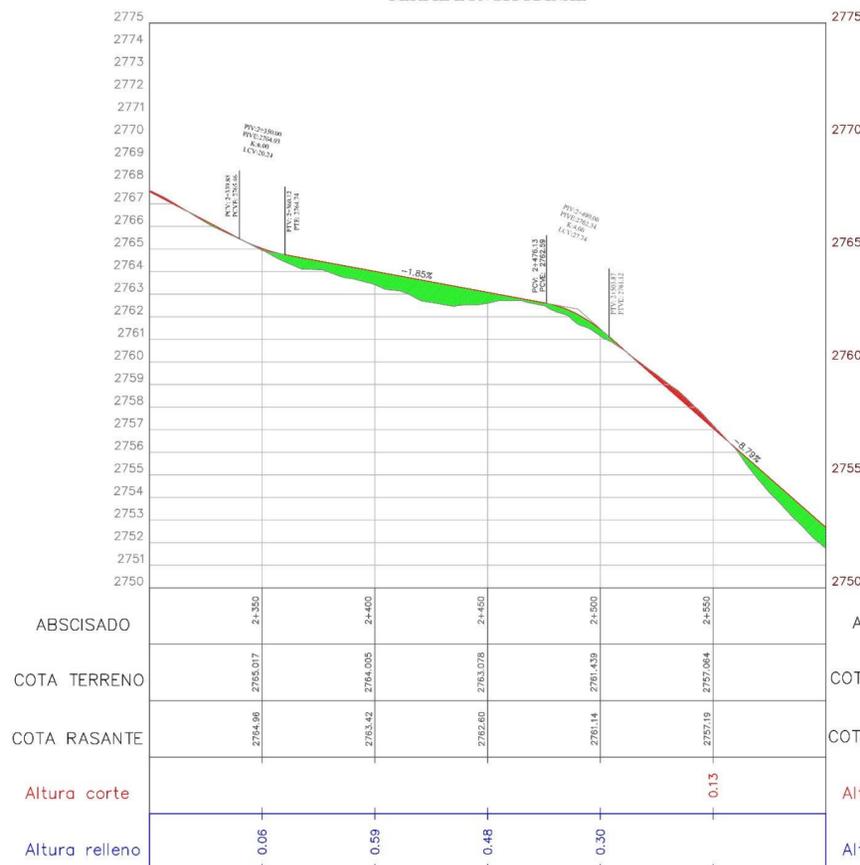
- PERFIL DEL TERRENO
- PERFIL DE LA RASANTE
- ÁREA DE RELLENO
- ÁREA DE CORTE

LOCALIZACIÓN

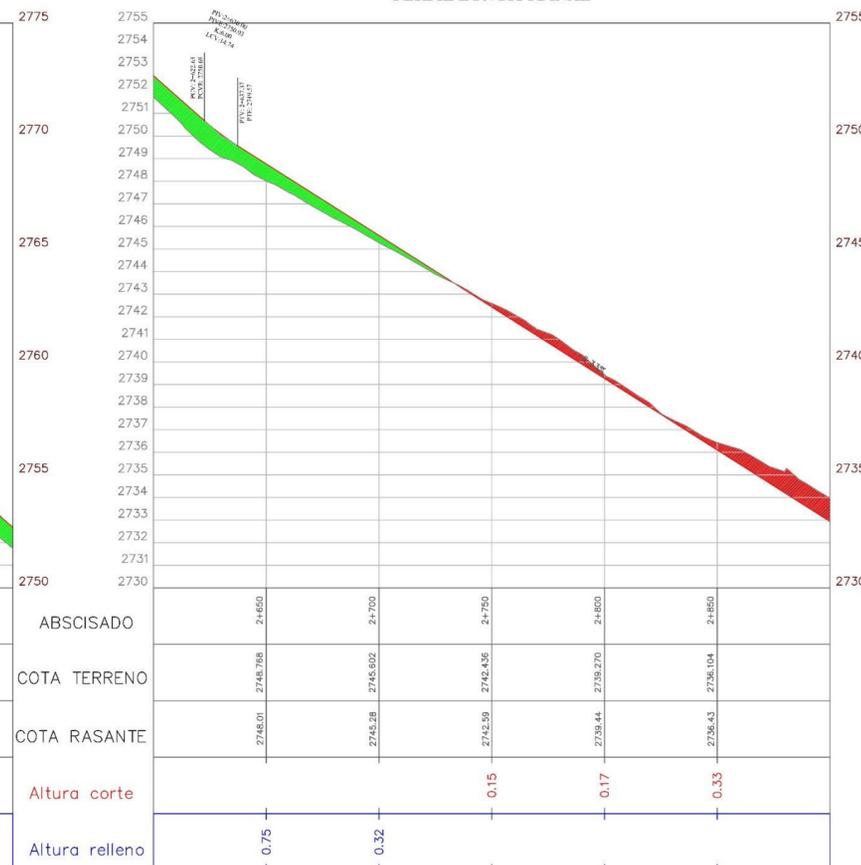


DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL

PERFIL LONGITUDINAL

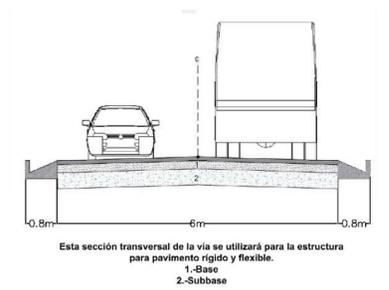


PERFIL LONGITUDINAL



ESCALA: V=1:100
H=1:1000

SECCIÓN TRANSVERSAL



Facultad de Ciencia y Tecnología Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Descripción: Diseño geométrico de la vía Cesar Andrade y cordero, comprendida entre el Camino a Racar y el cruce con la Iglesia San José de Hatzay, abscisa 2+300 - 2+900.

Responsables Diseño: Paulo Cabrera, Gregori Otacoma.

Responsables Dibujo: Paulo Cabrera, Gregori Otacoma.

Escala:	Especificadas	Piso N° 04.05	Contenido:
Fecha:	Cuenca, Mayo-2024		Diseño geométrico horizontal, diseño geométrico vertical, sección transversal, simbología, escalas, ubicación.
Revisión:	Responsabilidad:		Sellos Municipales:

Paulo Cabrera

Ing. Pablo Carralho
Director de tesis

Gregori Otacoma

ANEXO V

Pavimentos

Anexo 5.1 Porcentaje de asignación vehicular para pavimentos rígidos

Tipo de Vehículo	2023	2024	2025	2026	2030	2035	2040	2045	2046	%
				TPDA base					TPDA final	
Automóviles	307	376	416	429	486	557	627	694	706	40,05%
Camionetas	409	538	557	574	650	745	838	927	943	53,49%
Bus (BP)	15	19	19	19	20	21	22	23	23	1,30%
Camión 2D	13	17	17	17	18	19	20	21	21	1,19%
Camión 2E (2DA)	20	25	25	26	26	28	30	32	32	1,82%
Camión 2E (2DB)	16	20	20	20	21	22	23	24	24	1,36%
Camión 3E (3A)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,06%
Volqueta (V3A)	8	3	11	11	12	12	12	13	13	0,74%
Σ	789	999	1066	1097	1234	1405	1573	1735	1763	100,00%

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 5.2 Porcentaje de asignación vehicular para pavimentos flexibles

Tipo de Vehículo	2023	2024	2025	2026	2030	2035	2036	%	2040	2045	2046	%
				TPDA base			TPDA intermedio					
Automóviles	307	376	416	429	486	557	570	39,69%	627	694	706	40,05%
Camionetas	409	538	557	574	650	745	763	53,13%	839	928	944	53,55%
Bus (BP)	15	19	19	19	20	21	21	1,46%	22	23	23	1,30%
Camión 2D	13	17	17	17	18	19	19	1,32%	20	20	21	1,19%
Camión 2E (2DA)	20	25	25	26	26	28	28	1,95%	29	29	30	1,70%
Camión 2E (2DB)	16	20	20	20	21	22	22	1,53%	24	24	25	1,42%
Camión 3E (3A)	1	1	1	1	1	1	1	0,07%	1	1	1	0,06%
Volqueta (V3A)	8	3	11	11	12	12	12	0,84%	12	13	13	0,74%
Σ	789	999	1066	1097	1234	1405	1436	100,00%	1574	1732	1763	100,00%

Fuente: Elaboración Propia (2024).

Anexo 5.3 FCE para pavimento flexible (primer periodo)

Tipo de Vehículo	Peso (Tn)	Peso x EJE (Tn)	Tipo de Eje	FCE	FCE Parcial
Automóviles	3	1.5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0027	0.0022
		1.5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0027	
	Σ			0.0054	
Camionetas	5	1.5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0027	0.0435
		3.5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0791	
	Σ			0.0818	
Bus (BP)	13.1	3.9	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.1219	0.025
		9.2	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	1.5845	
	Σ			1.7064	
Camión 2D	7	3	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0427	0.0024
		4	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.1349	
	Σ			0.1776	
Camión 2E (2DA)	10	3	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0427	0.0112
		7	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	0.5311	
	Σ			0.5738	
Camión 2E (2DB)	18	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1.2654	0.069
		11	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	3.2383	
	Σ			4.5037	
Camión 3E (3A)	27	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1.2654	0.0031
		20	Eje tándem (2 eje ruedas dobles) (EEta2)	3.0776	
	Σ			4.343	
Volqueta (V3A)	27	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1.2654	0.0363
		20	Eje tándem (2 eje ruedas dobles) (EEta2)	3.0776	
	Σ			4.343	
FCE TOTAL					0.1927

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 5.4 FCE para pavimento flexible (segundo periodo)

Tipo de Vehículo	Peso (Tn)	Peso x EJE (Tn)	Tipo de Eje	FCE	FCE Parcial
Automóviles	3	1,5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0,0027	0,0022
		1,5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0,0027	
		Σ		0,0054	
Camionetas	5	1,5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0,0027	0,0438
		3,5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0,0791	
		Σ		0,0818	
Bus (BP)	13,1	3,9	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0,1219	0,0223
		9,2	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	1,5845	
		Σ		1,7064	
Camión 2D	7	3	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0,0427	0,0022
		4	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0,1349	
		Σ		0,1776	
Camión 2E (2DA)	10	3	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0,0427	0,0098
		7	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	0,5311	
		Σ		0,5738	
Camión 2E (2DB)	18	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1,2654	0,0639
		11	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	3,2383	
		Σ		4,5037	
Camión 3E (3A)	27	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1,2654	0,0025
		20	Eje tándem (2 eje ruedas dobles) (EEta2)	3,0776	
		Σ		4,343	
Volqueta (V3A)	27	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1,2654	0,0321
		20	Eje tándem (2 eje ruedas dobles) (EEta2)	3,0776	
		Σ		4,343	
FCE TOTAL					0,1788

Fuente: Elaboración propia (2024).

Anexo 5.5 FEC para pavimento rígido

Tipo de Vehículo	Peso (Tn)	Peso x EJE (Tn)	Tipo de Eje	FCE	FCE Parcial
Automóviles	3	1.5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0024	0.002
		1.5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0024	
		Σ		0.0048	
Camionetas	5	1.5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0024	0.0411
		3.5	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0743	
		Σ		0.0767	
Bus (BP)	13.1	3.9	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.1157	0.0225
		9.2	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	1.6029	
		Σ		1.7186	
Camión 2D	7	3	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0395	0.002
		4	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.1284	
		Σ		0.1679	
Camión 2E (2DA)	10	3	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	0.0395	0.0103
		7	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	0.5228	
		Σ		0.5623	
Camión 2E (2DB)	18	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1.2729	0.0628
		11	Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	3.3349	
		Σ		4.6078	
Camión 3E (3A)	27	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1.2729	0.0038
		20	Eje tándem (2 eje ruedas dobles) (EEta2)	5.3264	
		Σ		6.5993	
Volqueta (V3A)	27	7	Eje Simple de ruedas simples (EEs1)	1.2729	0.0487
		20	Eje tándem (2 eje ruedas dobles) (EEta2)	5.3264	
		Σ		6.5993	
FCE TOTAL					0.1932

Fuente: Elaboración propia (2024).