UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

“Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota”

Tesis para optar el título de Ingeniero Civil

Línea de investigación:

Estudio de propiedades geotécnicas y comportamiento de los suelos

Autor(es):

Joel Fernando Bustamante Ruiz

Ronaldo Alder Gálvez Mejía

Asesor(a):

Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

Chota – Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Colpa Matara, 25 de agosto del 2026.

C.O. N° 20-2026-UI-EPIC

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD Y USO DE IA

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis titulado: **"Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota"**, elaborado por los bachilleres en ingeniería civil: **Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía**, para optar el Título Profesional de ingeniero civil, presenta un índice de similitud de 11% excluyendo texto citado, bibliografía y fuentes que tengan coincidencias de menos de 10 palabras, no teniendo un porcentaje de escritura con inteligencia artificial; por lo tanto, cumple con los criterios de evaluación de originalidad establecidos en el acápite g) del artículo 20 del Reglamento de Grados y Títulos UNACH, aprobado mediante la Resolución C.O. Nº 120-2022-UNACH con fecha de 03 de marzo de 2022.

Se expide la presente, en conformidad a la directiva antes mencionada, para los fines que estime pertinentes.

Miguel Angel SILVA TARRILLO
INGENIERO CIVIL

Ing. Miguel Angel Silva Tarrillo
Director de la unidad de
investigación FCI-UNACH

Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Galvez Mejia

Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz medi...

Informe Final de Tesis

UNIDAD DE INVESTIGACION FIC 2026

Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3633414422

Fecha de entrega
25 ago 2026, 4:27 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
25 ago 2026, 4:37 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
4.0_INFORME_FINAL_DE_TESIS_Joel_Ronaldo_TNT.pdf

Tamaño del archivo
6.8 MB

169 páginas

42.672 palabras

208.246 caracteres

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
ASESOR

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

10% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Fuentes principales

10% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
7% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	
repositorio.unach.edu.pe		2%
2	Trabajos del estudiante	
Universidad Cesar Vallejo		1%
3	Internet	
hdl.handle.net		<1%
4	Internet	
repositorio.ucv.edu.pe		<1%
5	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional Autonoma de Chota		<1%
6	Trabajos del estudiante	
Universidad Tecnologica del Peru		<1%
7	Internet	
repositorio.urp.edu.pe		<1%
8	Trabajos del estudiante	
Docentes		<1%
9	Internet	
www.repositorio.unach.edu.pe		<1%
10	Internet	
repositorio.uni.edu.pe		<1%
11	Internet	
repositorio.unamba.edu.pe		<1%

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
ASESOR

12	Internet	
repositorio.uss.edu.pe		<1%
13	Internet	
repositorio.utea.edu.pe		<1%
14	Trabajos del estudiante	
uncedu		<1%
15	Internet	
repositorio.unc.edu.pe		<1%
16	Internet	
docplayer.es		<1%
17	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga		<1%
18	Internet	
repositorio.uns.edu.pe		<1%
19	Trabajos del estudiante	
Universidad Privada Antenor Orrego		<1%
20	Trabajos del estudiante	
Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez		<1%
21	Internet	
www.coursehero.com		<1%
22	Internet	
dspace.ucuenca.edu.ec		<1%
23	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional de Ingenieria		<1%
24	Internet	
issuu.com		<1%
25	Internet	
repositorio.unsaac.edu.pe		<1%



Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
ASESOR

26	Internet	
repositorio.uta.edu.ec		<1%
27	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional Federico Villarreal		<1%
28	Trabajos del estudiante	
Universidad Andina del Cusco		<1%
29	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional del Centro del Peru		<1%
30	Internet	
repositorio.unfv.edu.pe		<1%
31	Internet	
docslide.us		<1%
32	Internet	
repositorio.ulvr.edu.ec		<1%
33	Trabajos del estudiante	
Universidad Privada Boliviana		<1%
34	Internet	
es.scribd.com		<1%
35	Internet	
repositorio.uandina.edu.pe		<1%
36	Trabajos del estudiante	
Blackboard		<1%
37	Internet	
repositorio.upt.edu.pe		<1%
38	Trabajos del estudiante	
Universidad Nacional de Cajamarca		<1%
39	Internet	
alicia.concytec.gob.pe		<1%

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
ASESOR

40	Internet	
repositorio.unj.edu.pe		<1%
41	Internet	
repositorio.unjfsc.edu.pe		<1%
42	Internet	
defibradevidrio.com		<1%
43	Internet	
repositorio.ucp.edu.pe		<1%
44	Internet	
vsip.info		<1%
45	Internet	
www.guinnesspress.org		<1%
46	Internet	
repositorio.unap.edu.pe		<1%
47	Publicación	
Ahmed M. Youssef, Hager Elmahdy, Mahmoud Gobara, Mohammed S. Eisa. "Mitig...		<1%
48	Internet	
riujap.ujap.edu.ve		<1%
49	Internet	
armetrica.com		<1%
50	Internet	
repositorio.uct.edu.pe		<1%
51	Internet	
rid.ugr.edu.ar		<1%
52	Trabajos del estudiante	
Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador		<1%
53	Trabajos del estudiante	
Webster University		<1%

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
ASESOR

54 Internet
repositorio.usil.edu.pe <1%

55 Internet
www.goconqr.com <1%

56 Internet
www.multichollo.com <1%

57 Trabajos del estudiante
D.A. de Ingeniería Civil <1%

58 Trabajos del estudiante
Universidad Católica de Santa María <1%

59 Internet
dspace.espoch.edu.ec <1%

60 Internet
www.secotab.gob.mx <1%

61 Trabajos del estudiante
Universidad Pública de Navarra <1%

62 Internet
pdfcookie.com <1%

63 Trabajos del estudiante
Universidad Católica Boliviana "San Pablo" <1%

64 Trabajos del estudiante
Universidad Politécnica del Perú <1%

65 Trabajos del estudiante
Universidad San Ignacio de Loyola <1%

66 Trabajos del estudiante
Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC <1%

67 Trabajos del estudiante
Universidad Continental <1%



68 Trabajos del estudiante
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo <1%

69 Trabajos del estudiante
Universidad Peruana Del Centro <1%

70 Internet
licitaciones-peru.blogspot.com <1%

71 Internet
www.scientific.net <1%

72 Trabajos del estudiante
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA <1%

73 Trabajos del estudiante
Escuela Superior Politécnica del Litoral <1%

74 Trabajos del estudiante
Universidad Carlos III de Madrid - EUR <1%

75 Trabajos del estudiante
Universidad Privada Antenor Orrego 2025 <1%

76 Trabajos del estudiante
Universitat Politècnica de València <1%

77 Internet
dokumen.pub <1%

78 Internet
ojs.cuadernoseducacion.com <1%

79 Internet
repositorio.usanpedro.edu.pe <1%

80 Internet
repository.unipiloto.edu.co:8080 <1%

81 Internet
www.estoresbaratos.com <1%

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
ASESOR

82	Internet	
api.quienesquien.wiki		<1%
83	Internet	
repositorio.ujcm.edu.pe		<1%
84	Internet	
sciencepublishinggroup.com		<1%
85	Internet	
www.hindawi.com		<1%
86	Trabajos del estudiante	
Universidad Cientifica del Sur		<1%
87	Internet	
core.ac.uk		<1%
88	Internet	
gis.proviasnac.gob.pe		<1%
89	Internet	
repositorio.uancv.edu.pe		<1%
90	Internet	
repositorio.unheval.edu.pe		<1%
91	Internet	
repositorio.unprg.edu.pe		<1%
92	Internet	
repositorioacademico.upc.edu.pe		<1%
93	Internet	
www.lft-pa.com		<1%
94	Internet	
www.veracruz.gob.mx		<1%

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

Ley de Creación N° 29531

LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 160-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 10:00 a.m. del día martes 22 de setiembre, reunidos en los ambientes de la sala de Incuba-UNACH segundo piso del local administrativo, los miembros del jurado de tesis que suscriben, para escuchar y evaluar la sustentación de tesis presentado por los bachilleres: **Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía** , denominada: **"Evaluación del comportamiento físico – mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, chota";** escuchada la sustentación, y absueltas las preguntas a las observaciones formuladas, la declaramos:

Aprobado

CON EL CALIFICATIVO (*)

14 (Catorce)

En consecuencia, se les declara **EXPEDITOS** para conferirle el Título de Ingeniero civil, elevando la presente acta al decano de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería a fin de que se emita el acto resolutivo, en conformidad con la ley universitaria y el estatuto de la Universidad.

Chota, 22 de setiembre del 2026.

Mg. Cristhian Saúl López Villanueva
PRESIDENTE

Dr. Edwar Cieza Sánchez
SECRETARIO

Dr. Abelardo Melanio Barboza Mejía
ACCESITARIO

Dra. Carmen Rosa Cárdenas Rosales
ASESOR

(*) De acuerdo al reglamento específico del proyecto y tesis de investigación de la EPIC, aprobada con Resolución de coordinación N° 141-2020, Artículo 21, cuya calificación es: (20 Summa Cum Laude); (18-19: Aprobado con excelencia); (15-17: Aprobado con mención honrosa); (12-14: Aprobado); (0-11: Desaprobado).

DEDICATORIA

A Dios, por fortalecer mi fe y guiar cada paso de este proceso, a mi familia, por su apoyo incondicional, paciencia y motivación constante. A mis amigos, por su compañía, sus palabras de aliento y su respaldo en los momentos decisivos.

Joel Fernando Bustamante Ruiz

A Dios, por brindarme salud, fortaleza y sabiduría para culminar este trabajo, a mi familia, por su amor, comprensión y esfuerzo permanente a lo largo de esta etapa. A mis amigos, por su amistad sincera y el impulso necesario para seguir adelante hasta alcanzar esta meta.

Ronaldo Alder Gálvez Mejía

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por la fortaleza y la constancia que nos permitieron culminar esta investigación; a nuestra asesora, Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales, por su guía y exigencia académica; a la comunidad de Colpamatara y Colpahuacariz por el permiso otorgado y facilidades para realizar la ejecución de calicatas; a la UNACH por el apoyo con el equipo de topografía, así como al topógrafo externo por su colaboración con el dron fotométrico; a los transportistas de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz por permitir el aforo vehicular; a los ingenieros y técnicos del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPIC–UNACH por su apoyo durante los ensayos con fibra de vidrio. Finalmente, agradecemos a todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a alcanzar este objetivo.

Joel Fernando Bustamante Ruiz

Ronaldo Alder Gálvez Mejía

ÍNDICE DE CONTENIDOS

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS xiv

RESUMEN xvi

ABSTRACT xvii

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN 18

1.1. Planteamiento del problema 18

1.2. Justificación 20

1.3. Formulación del problema 21

1.4. Objetivos 21

1.4.1. Objetivo general 21

1.4.2. Objetivos específicos 21

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO 23

2.1. Antecedentes 23

2.1.1. Antecedentes internacionales 23

2.1.2. Antecedentes nacionales 26

2.1.3. Antecedentes regionales 29

2.1.4. Análisis crítico de antecedentes 30

2.2. Bases teóricas 33

2.2.1. Suelo como material de ingeniería en carreteras 33

2.2.2. Mejoramiento y estabilización de suelos 34

2.2.3. Fundamento del refuerzo de suelos con fibras 36

2.2.4. Fibra de vidrio como material de refuerzo geotécnico 37

2.2.5. Comportamiento físico del suelo derivado de la compactación de la subrasante 42

2.2.6. Comportamiento mecánico del suelo de subrasante 44

2.2.7. Aplicación del suelo como subrasante 46

2.2.8. Características de la carretera y su relación con la subrasante 47

2.3. Definiciones conceptuales 48

2.3.1. Fibra vidrio 48

2.3.2. Comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante 49

2.3.3. Características de la carretera 51
2.3.4. Características del suelo 52
2.3.5. Propiedades físicas derivadas de la compactación del suelo. 54
2.3.6. Propiedades mecánicas del suelo 55

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 57

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación 57

3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis 60
3.2.1. Ubicación 60
3.2.2. Población 61
3.2.3. Muestreo 62
3.2.4. Unidad de muestreo 63
3.2.5. Muestra 64
3.2.6. Justificación técnica de las dosificaciones de fibra de vidrio 64
3.2.7. Unidad de análisis 65

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 67
3.3.1. Técnicas de recolección de datos 67
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos 67

3.4. Hipótesis 68

3.5. Operacionalización de variables 69
3.5.1. Variable independiente: fibra de vidrio 69
3.5.2. Variable dependiente: Comportamiento físico mecánico del suelo de la subrasante 69
3.5.3. Matriz de operacionalización de variables 70

3.6. Procedimientos de recolección de datos 71
3.6.1. Levantamiento topográfico 73
3.6.2. Inventario vial 75
3.6.3. Estudio de tráfico 79
3.6.4. Obtención de fibras de vidrio 83
3.6.5. Excavación de calicatas 84
3.6.6. Ensayos físico-mecánicos al suelo normal 87
3.6.7. Ensayos mecánicos al suelo con fibras de vidrio 93

3.7. Procedimientos de análisis de datos 95

3.8. Material y equipos (descripción del uso) 95

3.9. Aspectos éticos 97

CAPÍTULO IV: RESULTADOS 99

4.1. Descripción de resultados 99

4.1.1. Diagnóstico vial de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 99

4.1.2. Mejoramiento del suelo de la subrasante ante la incorporación de fibra de vidrio 124

4.1.3. Comparación del desempeño físico-mecánico del suelo de la subrasante en estado natural y con la incorporación de fibra de vidrio 148

4.2. Contrastación de hipótesis 159

4.3. Discusión 161

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 171

5.1. Conclusiones 171

5.2. Recomendaciones 173

REFERENCIAS 174

APÉNDICES 185

Apéndice 1. Matriz de consistencia 185

Apéndice 2. Inventario vial 186

Apéndice 3 Conteo vehicular 187

ANEXO 188

Anexo 1. Panel fotográfico 188

Anexo 2. Resultado de ensayos de laboratorio 208

Anexo 3. Planos 209

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen comparativo de antecedentes sobre estabilización de suelos con fibra de vidrio y materiales vítreos 31
Tabla 2 Propiedades mecánicas de los distintos tipos de fibra de vidrio 39
Tabla 3 Categoría de la subrasante según CBR 50
Tabla 4 Arreglo experimental de la investigación 58
Tabla 5 Coordenadas de ubicación de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota 61
Tabla 6 Criterios de inclusión para el muestreo de calicatas 63
Tabla 7 Criterios de exclusión para el muestreo de calicatas 63
Tabla 8 Coordenadas UTM WGS84 17S para la ubicación de las calicatas en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota 64
Tabla 9 Justificación técnica de las dosificaciones evaluadas 65
Tabla 10 Número de repeticiones o determinaciones por ensayo de laboratorio 66
Tabla 11 Matriz de operacionalización de variables 70
Tabla 12 División de tramos de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz para el registro de las características de la vía 75
Tabla 13 Criterios generales del manual de análisis del MTC (2018) 77
Tabla 14 Deterioros o fallas de las carreteras no pavimentadas 77
Tabla 15 9 puntos de verificación del espesor del afirmado 78
Tabla 16 Procedimiento de conteo vehicular en la carretera Colpamatara–Colpahuacariz 80
Tabla 17 Ubicación de calicatas en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 84
Tabla 18 Materiales, equipos e insumos utilizados en la investigación 96
Tabla 19 Características generales de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 99
Tabla 20 Área de deterioro (m²) de la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 101
Tabla 21 Densidad de la falla (%) en la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 102
Tabla 22 Verificación del espesor del afirmado en la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 103
Tabla 23 Inventario de obras de arte en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 105
Tabla 24 Datos topográficos de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 0+000 al km 0+500 109
Tabla 25 Datos topográficos de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 0+500 al km 1+000 109

Tabla 26 Datos topográficos de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 1+000 al km 1+500 110
Tabla 27 Datos topográficos de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 1+500 al km 1+850 110
Tabla 28 Número de vehículos semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz 112
Tabla 29 Tipo de vehículos semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz 113
Tabla 30 Cantidad de vehículos ligeros y pesados semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz 114
Tabla 31 Índice medio diario anual (IMDA) de los vehículos que transitan por la carretera Colpamatara – Colpahuacariz en los campus de Colpahuacariz y Colpamatara 115
Tabla 32 ESAL (ejes equivalentes) del tránsito vehicular de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz en los campus de Colpahuacariz y Colpamatara 116
Tabla 33 Propiedades físico-mecánicas del suelo natural de la subrasante de la carretera 120
Tabla 34 Composición granulométrica del suelo natural de la subrasante de la carretera 121
Tabla 35 Propiedades físico-mecánicas del suelo de la calicata CA-01 con fibra de vidrio 124
Tabla 36 Porcentaje de variación de la máxima densidad seca de la calicata CA-01 con fibra de vidrio 126
Tabla 37 Porcentaje de variación del óptimo contenido de humedad de la calicata CA-01 con fibra de vidrio 126
Tabla 38 Porcentaje de variación del CBR al 95% MDS de la calicata CA-01 con fibra de vidrio .. 128
Tabla 39 Porcentaje de variación del CBR al 100% MDS de la calicata CA-01 con fibra de vidrio 128
Tabla 40 Propiedades físico-mecánicas del suelo de la calicata CA-02 con fibra de vidrio 132
Tabla 41 Porcentaje de variación de la máxima densidad seca de CA-02 con fibra de vidrio 134
Tabla 42 Porcentaje de variación del óptimo contenido de humedad de la calicata CA-02 con fibra de vidrio 134
Tabla 43 Porcentaje de variación del CBR al 95% MDS de la calicata CA-02 con fibra de vidrio .. 136
Tabla 44 Porcentaje de variación del CBR al 100% MDS de la calicata CA-02 con fibra de vidrio 136
Tabla 45 Propiedades físico-mecánicas del suelo de la calicata CA-03 con fibra de vidrio 140
Tabla 46 Porcentaje de variación de la máxima densidad seca de CA-03 con fibra de vidrio 142
Tabla 47 Porcentaje de variación del óptimo contenido de humedad de la calicata CA-03 con fibra de vidrio 142
Tabla 48 Porcentaje de variación del CBR al 95% MDS de CA-03 con fibra de vidrio 144
Tabla 49 Porcentaje de variación del CBR al 100% MDS de CA-03 con fibra de vidrio 144
Tabla 50 OCH (%) del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz 148

Tabla 51 Porcentaje de variación del OCH (%) del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural 149
Tabla 52 MDS (g/cm³) del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz 150
Tabla 53 Porcentaje de variación de la MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural 151
Tabla 54 CBR al 95% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz 152
Tabla 55 Porcentaje de variación del CBR al 95% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural 153
Tabla 56 CBR al 100% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz 154
Tabla 57 Porcentaje de variación del CBR al 100% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural 155
Tabla 58 Síntesis de la dosificación óptima por calicata 157
Tabla 59 Módulo de reacción de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz sin y con mejoramiento de fibra de vidrio 157
Tabla 60 Clasificación comparativa del suelo natural y mejorado 158
Tabla 61 Contrastación descriptiva de la hipótesis de investigación 160
Tabla 62 Contrastación de la hipótesis a través de la matriz de cumplimiento 160
Tabla 63 Comparación cuantitativa de los resultados de la investigación con antecedentes 166

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos de estabilización de suelos 34
Figura 2 Compuestos reforzados con fibras (a) fibras continuas y alineadas, (b) fibras discontinuas y alineadas y (c) fibras discontinuas y orientadas al azar 41
Figura 3 Curva de compactación 42
Figura 4 Modelo de curva CBR 44
Figura 5 Capas del pavimento asentado sobre la subrasante 49
Figura 6 Clasificación AASHTO 52
Figura 7 Criterios de evaluación de subrasantes estabilizadas 56
Figura 8 Diseño de investigación 59
Figura 9 Mapa de ubicación de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota 60
Figura 10 Carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota 61
Figura 11 Procedimientos de recolección de datos 72
Figura 12 Levantamiento topográfico con dron fotogramétrico sobre el tramo de la carretera 74
Figura 13 Levantamiento topográfico con GPS diferencial sobre el tramo de la carretera 74
Figura 14 Recorrido de la carretera de estudio para inventario vial: campus Colpahuacariz 76
Figura 15 Recorrido de la carretera de estudio para inventario vial: campus Colpamatara 76
Figura 16 Vista del tránsito vehicular en el campus universitario Colpamatara 81
Figura 17 Vehículos pesados que continúan su ruta hacia el campus universitario Colpahuacariz 81
Figura 18 Fibras de vidrio comerciales 83
Figura 19 Ubicación de calicatas en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 84
Figura 20 Excavación de la calicata CA-01 en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 85
Figura 21 Excavación de la calicata CA-04 en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 86
Figura 22 Excavación de la calicata CA-03 en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 86
Figura 23 Realización de los ensayos físico-mecánicos al suelo natural 87
Figura 24 Realización del ensayos de contenido de humedad del suelo 88
Figura 25 Realización del ensayo de granulometría del suelo 88
Figura 26 Realización del ensayo de límite líquido del suelo 89
Figura 27 Realización del ensayo de límite plástico del suelo 90
Figura 28 Realización del ensayo Proctor modificado del suelo 91
Figura 29 Realización del ensayo CBR de laboratorio al suelo 92
Figura 30 Mezclas de suelo con fibras de vidrio para ensayos de compactación y CBR 94
Figura 31 Realización de ensayo de CBR al suelo con fibra de vidrio 94
Figura 32 Carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 0+000 – km 1+000 100
Figura 33 Carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 1+000 – km 1+860 100

Figura 34 Densidad de la falla (%) en la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 102
Figura 35 Espesor del afirmado carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 0+000–km 1+000 ... 104
Figura 36 Espesor del afirmado carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 1+000–km 1+860 ... 104
Figura 37 Obras de arte en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 0+000 – km 1+000 106
Figura 38 Obras de arte en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 1+000 – km 1+860 106
Figura 39 Obras de arte de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz 107
Figura 40 Topografía de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 0+000 al km 1+000 111
Figura 41 Topografía de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 1+000 al km 1+850 111
Figura 42 Número de vehículos semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz 112
Figura 43 Porcentaje de vehículos ligeros y pesados semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz 114
Figura 44 Tipo de vehículos semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz 117
Figura 45 Índice medio diario anual (IMDA) de los vehículos que transitan por la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara 118
Figura 46 ESAL (ejes equivalentes) del tránsito vehicular de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara 119
Figura 47 Curva granulométrica del suelo natural de la subrasante de la carretera 121
Figura 48 Curva de fluidez del suelo natural de la subrasante de la carretera 122
Figura 49 Verificación del índice de plasticidad del suelo natural de la subrasante de la carretera respecto al MTC (2014) 122
Figura 50 Curva CBR del suelo natural de la subrasante de la carretera 123
Figura 51 Verificación del CBR del suelo natural de la subrasante de la carretera respecto al MTC (2014) 123
Figura 52 Curva de compactación de la calicata CA-01 con fibra de vidrio 125
Figura 53 Curva CBR de la calicata CA-01 con fibra de vidrio 125
Figura 54 Línea de tendencia de la máxima densidad seca de CA-01 con fibra de vidrio 127
Figura 55 Línea de tendencia del óptimo contenido de humedad de CA-01 con fibra de vidrio 127
Figura 56 Línea de tendencia del CBR de la calicata CA-01 con fibra de vidrio 129
Figura 57 Verificación del CBR de CA-01 con fibra de vidrio respecto al MTC (2014) 129
Figura 58 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 56 golpes, CA-01 130
Figura 59 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 25 golpes, CA-01 131
Figura 60 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 12 golpes, CA-01 131
Figura 61 Curva de compactación de la calicata CA-02 con fibra de vidrio 133
Figura 62 Curva CBR de la calicata CA-02 con fibra de vidrio 133

Figura 63 Línea de tendencia de la máxima densidad seca de CA-02 con fibra de vidrio 135
Figura 64 Línea de tendencia del óptimo contenido de humedad de CA-02 con fibra de vidrio 135
Figura 65 Línea de tendencia del CBR de la calicata CA-02 con fibra de vidrio 137
Figura 66 Verificación del CBR de CA-02 con fibra de vidrio respecto al MTC (2014) 137
Figura 67 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 56 golpes, CA-02 138
Figura 68 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 25 golpes, CA-02 139
Figura 69 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 12 golpes, CA-02 139
Figura 70 Curva de compactación de la calicata CA-03 con fibra de vidrio 141
Figura 71 Curva CBR de la calicata CA-03 con fibra de vidrio 141
Figura 72 Línea de tendencia de la máxima densidad seca de CA-03 con fibra de vidrio 143
Figura 73 Línea de tendencia del óptimo contenido de humedad de CA-03 con fibra de vidrio 143
Figura 74 Línea de tendencia del CBR de la calicata CA-03 con fibra de vidrio 145
Figura 75 Verificación del CBR de CA-03 con fibra de vidrio respecto al MTC (2014) 145
Figura 76 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 56 golpes, CA-03 146
Figura 77 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 25 golpes, CA-03 147
Figura 78 Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 12 golpes, CA-03 147
Figura 79 OCH (%) del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz 148
Figura 80 Porcentaje de variación del OCH (%) del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural 149
Figura 81 MDS (g/cm³) del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz 150
Figura 82 Porcentaje de variación de la MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural 151
Figura 83 CBR al 95% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz 152
Figura 84 Porcentaje de variación del CBR al 95% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural 153
Figura 85 CBR al 100% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz 154
Figura 86 Porcentaje de variación del CBR al 100% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural 155
Figura 87 Variación porcentual de MDS, OCH, CBR al 95% y CBR al 100% con la dosificación óptima de fibra de vidrio por calicata 156
Figura 88 Comparación del CBR al 100% de MDS del suelo natural y del suelo con mejor dosificación de fibra de vidrio por calicata 158

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

Sigla / abreviatura	Significado
AAHH	Asentamiento humano
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AR	Vidrio resistente al álcali
CA	Calicata
CBR	California Bearing Ratio / Índice de Soporte de California
CCR	Calcium Carbide Residue / residuo de carburo de calcio
CDW	Construction and Demolition Waste / residuos de construcción y demolición
CH	Arcilla de alta plasticidad, según SUCS
CL	Arcilla de baja plasticidad, según SUCS
EE	Ejes equivalentes
EFP	Número total de baches
EPIC	Escuela Profesional de Ingeniería Civil
EPP	Equipo de protección personal
ESAL	Equivalent Single Axle Load / eje simple equivalente
FC	Factor de corrección estacional
F200	Material que pasa el tamiz N.° 200
GF	Glass Fiber / fibra de vidrio
GGBS	Ground Granulated Blast Furnace Slag / escoria granulada de alto horno
GNSS	Global Navigation Satellite System / sistema global de navegación por satélite
GPS	Global Positioning System / sistema de posicionamiento global
IG	Índice de grupo
IMD	Índice medio diario
IMDA	Índice medio diario anual
IMDS	Índice medio diario semanal
IP	Índice de plasticidad
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
MDS	Máxima densidad seca
ML	Limo de baja plasticidad, según SUCS
MR	Módulo resiliente
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Sigla / abreviatura	Significado
NTP	Norma Técnica Peruana
OCH	Óptimo contenido de humedad
RA	Retenido acumulado
RAP	Reclaimed Asphalt Pavement / pavimento asfáltico recuperado
RCD	Residuos de construcción y demolición
SM	Arena limosa, según SUCS
SP-SM	Arena pobremente gradada con limo, según SUCS
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
TMC	Tubería metálica corrugada
TP1	Tránsito pesado tipo 1
TP2	Tránsito pesado tipo 2
UCS	Unconfined Compressive Strength / resistencia a compresión no confinada
UNACH	Universidad Nacional Autónoma de Chota
UTM	Universal Transverse Mercator / sistema de coordenadas universal transversal de Mercator
WGS 84	World Geodetic System 1984 / Sistema Geodésico Mundial 1984

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz mediante la adición de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo, en el distrito de Chota. La metodología correspondió a un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, de nivel explicativo y de diseño experimental. La muestra estuvo conformada por tres calicatas extraídas de diferentes puntos de la subrasante, cuyas muestras fueron analizadas en estado natural y con incorporaciones de 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio. Se realizaron estudios básicos de diagnóstico vial, levantamiento topográfico, inventario vial, estudio de tráfico y ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, de compactación Proctor modificado y de CBR. Los resultados del diagnóstico vial mostraron que la carretera tuvo una longitud de 1.86 km, un tiempo promedio de recorrido de 5 min, erosión de hasta 4400 m², espesor promedio de afirmado de 14 cm y una pérdida aproximada de 6 cm, además de pendientes entre -19.54% y 12.63%. En el estudio de suelos se identificó una subrasante heterogénea, con una calicata CL y dos calicatas SM. La incorporación de fibra de vidrio mejoró la MDS, redujo el OCH y aumentó el CBR en las tres calicatas. En la CA-01, la mejor respuesta se obtuvo con 1.5% de fibra, elevándose la MDS de 1.59 a 1.74 g/cm³ y el CBR al 100% de 2.63% a 7.43%; en la CA-02 y la CA-03, la dosificación óptima fue de 1.0%, alcanzándose CBR al 100% de 10.30% y 13.23%, respectivamente. Se concluyó que la fibra de vidrio mejoró el comportamiento físico-mecánico del suelo de subrasante y elevó su clasificación técnica.

Palabras clave: subrasante; fibra de vidrio; densidad seca máxima; contenido de humedad óptimo; California Bearing Ratio.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the physico-mechanical behavior of the subgrade soil along the Colpamatara–Colpahuacariz roadway through the addition of glass fiber at proportions of 0.5%, 1.0%, and 1.5% by dry weight of soil, in the district of Chota. The methodology followed a quantitative approach, with an applied design, an explanatory level, and an experimental design. The sample consisted of three test pits excavated at different points along the subgrade, and the collected soil samples were analyzed in their natural condition and with glass fiber contents of 0%, 0.5%, 1.0%, and 1.5%. Basic roadway diagnostic studies, topographic surveying, roadway inventory, traffic analysis, and laboratory testing, including soil mechanics, modified Proctor compaction, and California Bearing Ratio (CBR), were performed. The roadway diagnosis showed that the roadway had a length of 1.86 km, an average travel time of 5 min, erosion areas of up to 4400 m², an average gravel wearing course thickness of 14 cm, and an approximate loss of 6 cm, in addition to slopes ranging from -19.54% to 12.63%. The soil study identified a heterogeneous subgrade, with one CL test pit and two SM test pits. The addition of glass fiber improved MDS, reduced OMC, and increased CBR in all three test pits. In CA-01, the best response was achieved with 1.5% fiber, increasing MDS from 1.59 to 1.74 g/cm³ and 100% CBR from 2.63% to 7.43%; in CA-02 and CA-03, the optimum dosage was 1.0%, reaching 100% CBR values of 10.30% and 13.23%, respectively. It was concluded that glass fiber improved the physico-mechanical behavior of the subgrade soil and enhanced its technical classification.

Keywords: subgrade; glass fiber; maximum dry density; optimum moisture content; California Bearing Ratio.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La incorporación de fibras sintéticas como refuerzo de la subrasante es una técnica de estabilización que mejora las propiedades mecánicas del suelo, aumenta su resistencia al corte, reduce su deformabilidad y potencia su capacidad de soporte (Megrousse et al., 2025). En esa línea, Pratap et al. (2025) y El Bourki et al. (2025) demostraron que la inclusión de fibras de refuerzo en suelos cohesivos y granulares incrementa la resistencia a la compresión y al esfuerzo cortante, lo que mejora la respuesta ante cargas dinámicas y estáticas. Asimismo, en el sector vial, países como China, India y Estados Unidos han implementado esta tecnología para la estabilización de subrasantes de baja capacidad de soporte, con resultados favorables, lo que ha permitido optimizar el desempeño estructural de las carreteras y reducir los costos de mantenimiento (Jastrzębska, 2025).

En Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), a través del *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y Pavimentos* (MTC, 2014), establece que las subrasantes con un Índice de Soporte de California (CBR) inferior al 6% deben estabilizarse o mejorarse para garantizar su funcionalidad estructural. Exigencia que cobra relevancia en el país, debido a que la infraestructura vial aún presenta importantes limitaciones, pues para 2024 el 81.02% de la red vial existente estaba formada por vías no pavimentadas (MTC, 2024). En este escenario, aunque la cal y el cemento continúan siendo los estabilizadores más empleados, la fibra de vidrio representa una alternativa emergente por su capacidad para mejorar el comportamiento del suelo sin alterar de manera significativa su composición química básica (Huamani, 2024).

En Cajamarca, el 75% de la red vial departamental es de afirmado o trocha, y más del 60% de estas vías presentan un estado de conservación malo o regular, según el último Inventario Vial Provincial (Provias Descentralizado, 2023). Esto se debe a factores geológicos, como suelos con alta plasticidad, baja densidad seca y escasa capacidad de soporte, combinados con precipitaciones elevadas, lo que favorece procesos erosivos (Cubas, 2024). Burga (2023) reportó que, en múltiples sectores de Chota, el CBR de la subrasante no supera el 4%, condición crítica que incrementa considerablemente los costos de rehabilitación hasta en 35% respecto al diseño convencional. En este panorama, la incorporación de refuerzos de fibras sintéticas emerge como una alternativa viable para mejorar el desempeño de las vías, sin recurrir a métodos tradicionales de mayor impacto ambiental (Al-Khazaleh et al., 2024).

En el ámbito local, la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, ubicada en la provincia de Chota, presenta un estado deficiente con hundimientos, acumulación de lodo, erosión, baches y formación de surcos a lo largo de su trazo de 1.86 km. Esta vía cumple una función relevante en la conectividad entre los campus universitarios Colpamatara y Colpahuacariz de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por lo que su deterioro afecta de manera directa la movilidad de estudiantes, docentes y personal administrativo. La presencia recurrente de estos daños permite inferir que la subrasante presenta una baja capacidad de soporte, probablemente con valores de CBR inferiores al mínimo recomendado para un adecuado comportamiento estructural, por lo que resulta necesario evaluar alternativas de mejoramiento técnicamente viables.

Asimismo, según la declaración del Ing. Roimer Rojas Núñez, responsable del área de Transportes de la Municipalidad Provincial de Chota, actualmente no existe un proyecto aprobado para la rehabilitación o mejoramiento de esta vía. Esta situación refuerza la necesidad de desarrollar investigaciones aplicadas que permitan evaluar, a

nivel experimental, soluciones sostenibles orientadas al mejoramiento del suelo de subrasante en vías rurales de bajo volumen de tránsito.

En ese contexto, el uso de fibra de vidrio como material de refuerzo del suelo se plantea como una alternativa innovadora y técnicamente prometedora para mejorar la capacidad físico-mecánica de la subrasante y aumentar su resistencia frente a las cargas de servicio. Por ello, la presente investigación busca evaluar la influencia de la adición de fibra de vidrio sobre las propiedades del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, a fin de generar evidencia técnica que sustente futuras intervenciones en caminos rurales andinos con condiciones geotécnicas similares.

1.2. Justificación

El desarrollo de infraestructuras viales eficientes es un desafío en zonas con suelos de baja capacidad de soporte, como en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz en Chota. Esta vía presenta deterioro significativo debido a condiciones geotécnicas deficientes, lo que afecta la movilidad y seguridad de los usuarios, en especial a la comunidad universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH). En este contexto, la investigación sobre el uso de fibra de vidrio como material de refuerzo en la subrasante busca ofrecer una alternativa innovadora para mejorar la resistencia del suelo y, así, reducir la necesidad de mantenimientos frecuentes.

A nivel académico y científico, esta investigación contribuye al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería geotécnica y vial, en particular en el uso de materiales alternativos para la estabilización de suelos. A pesar de que diversos estudios internacionales han demostrado que la incorporación de fibras sintéticas mejora las propiedades mecánicas del suelo, en el Perú su aplicación es limitada. Por ello, este estudio permitirá generar evidencia técnica sobre el comportamiento del suelo reforzado con fibra de vidrio en condiciones locales, aportando información relevante

que puede servir de base para futuras investigaciones y la formulación de nuevas estrategias de estabilización vial en suelos de baja capacidad de soporte.

Desde una perspectiva técnica, la investigación es necesaria para evaluar la viabilidad de la fibra de vidrio como método de refuerzo del suelo de subrasante. Se analizarán parámetros fundamentales, como la capacidad de soporte (CBR) y la compactación, y se proporcionarán datos concretos sobre el impacto del refuerzo del suelo. La implementación de esta técnica podría representar una solución más sostenible para mejorar la calidad de las vías rurales, reduciendo el mantenimiento y aumentando la vida útil de las carreteras en localidades como Chota, donde las condiciones geotécnicas y climáticas afectan el desempeño de la infraestructura vial.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo varía el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz ante la incorporación de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz mediante la adición de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo, en el distrito de Chota.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar los estudios básicos de diagnóstico vial, que incluyeron el inventario de la vía, el estudio de tráfico vehicular, el estudio de mecánica de suelos y el levantamiento topográfico del tramo Colpamatara–Colpahuacariz.
- Analizar la variación de la máxima densidad seca (MDS), el óptimo contenido de humedad (OCH) y la capacidad de soporte (California Bearing Ratio, CBR) del

suelo de la subrasante ante la incorporación de fibra de vidrio en las proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%.

- Comparar el desempeño físico-mecánico del suelo de la subrasante en estado natural y con la incorporación de fibra de vidrio a las proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Abhishek et al. (2025), en su investigación *"Stabilization of Soil by Using Construction & Demolition Waste, Calcium Carbide Residue, Molasses and Glass Fiber Reinforcement"* [Estabilización de suelos mediante el uso de residuos de construcción y demolición, residuos de carburo de calcio, melaza y refuerzo de fibra de vidrio], tuvieron como objetivo evaluar el efecto de residuos de construcción y demolición (RCD), residuo de carburo de calcio (CCR), melaza y fibra de vidrio sobre las propiedades geotécnicas del suelo. Utilizaron una metodología experimental. Determinaron que el suelo CH presentó LL=55.5%, LP=22%, IP=33.5%, MDS=1.69 g/cm³ y OCH=19.8%; asimismo, el CBR aumentó de 1.4% a 11.5% con la mezcla óptima suelo:RCD:CCR:M = 60:24:4:10:2. Concluyeron que la fibra de vidrio contribuyó a mejorar la resistencia del material tratado.

Kumar et al. (2025), en su artículo científico "*Enhancement of subgrade soil properties using coal bottom ash and basalt fiber for sustainable pavement applications*" [Mejoramiento de las propiedades del suelo de subrasante mediante ceniza de fondo de carbón y fibra de basalto para aplicaciones sostenibles en pavimentos], tuvieron como objetivo analizar el efecto de la fibra de vidrio y del caucho sobre un suelo de subrasante vial. Utilizaron una metodología experimental con 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de fibra de vidrio en un suelo A-7-6. Determinaron que la MDS disminuyó de 1.92 a 1.75 g/cm³, el OCH aumentó de 10.3% a 14.97% y el CBR aumentó de 13% a 22.9%. Concluyeron que el desempeño del suelo mejoró.

Al-Khazaleh et al. (2024), en su investigación *"Effect of Glass Fiber and Rubber on the Properties of Expansive Soil and Its Utilization as Subgrade*

Reinforcement in Road Application" [Efecto de la fibra de vidrio y el caucho en las propiedades del suelo expansivo y su utilización como refuerzo de la subrasante en carreteras], tuvieron como objetivo analizar el efecto de la fibra de vidrio y caucho en un suelo expansivo destinado a subrasante vial. Utilizaron una metodología experimental con contenidos de fibra de vidrio de 0%, 0.5%, 1% y 1.5% en un suelo A-7-6. Determinaron que la MDS disminuyó de 1.92 a 1.75 g/cm³, el OCH aumentó de 10.3% a 14.97% y el CBR aumentó de 13% a 22.9%. Concluyeron que la fibra de vidrio mejoró el desempeño del suelo expansivo como subrasante.

Al-Khazaleh et al. (2023), en la investigación "*Utilization Potential of Glass Fiber and Crumbled Rubber as Subgrade Reinforcement for Expansive Soil*" [Potencial de utilización de fibra de vidrio y caucho triturado como refuerzo de subrasante en suelo expansivo], tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la fibra de vidrio y caucho triturado en las propiedades de un suelo expansivo usado como subrasante. Utilizaron una metodología experimental en un suelo A-7-6, considerando contenidos de fibra de vidrio de 0%, 0.5%, 1% y 1.5%. Determinaron que el CBR aumentó de 13% a 16.5%, 21.5% y 22.9%; la MDS disminuyó de 1.92 a 1.75 g/cm³; el OCH aumentó de 10.3% a 14.97%; y la UCS se incrementó de 27.8 kPa a 103.3 kPa. Concluyeron que la fibra de vidrio mejoró la resistencia y mostró un desempeño superior al del caucho triturado.

Daryaee et al. (2024), en su estudio *"Feasibility of Increasing the Bearing Capacity of Sand-Clay Subgrade Soil using the Combination of Glass Fibers and Polyethylene Granules"* [Viabilidad de aumentar la capacidad de soporte de un subsuelo de arena y arcilla mediante la combinación de fibras de vidrio y gránulos de polietileno], tuvieron como objetivo mejorar la capacidad de soporte de un suelo de arena y arcilla mediante fibras de vidrio y gránulos de polietileno. Utilizaron una metodología experimental con contenidos de fibra de vidrio de 0%, 0.75%, 1% y 1.5%.

Determinaron que los valores de CBR fueron 10.5%, 11.0%, 7.7% y 5.3%, respectivamente. Concluyeron que la dosificación óptima fue 0.75%, debido a que porcentajes mayores redujeron el CBR.

Noolu et al. (2024), en su investigación *"Assessing the synergistic effects of GGBS and glass fiber on expansive soil behavior using response surface methodology"* [Evaluación de los efectos sinérgicos de GGBS y fibra de vidrio sobre el comportamiento expansivo del suelo mediante la metodología de superficie de respuesta], tuvieron como objetivo evaluar el efecto combinado de la escoria granulada de alto horno y la fibra de vidrio sobre el comportamiento expansivo del suelo. Utilizaron una metodología experimental con contenidos de GGBS entre 0% y 30% y de fibra de vidrio entre 0% y 2%. Determinaron que la dosificación óptima fue del 24% de GGBS y del 0,78% de fibra de vidrio, con un aumento de 3 veces en el CBR y en el módulo resiliente. Concluyeron que la combinación mejoró el suelo.

Mostafa et al. (2023), en su investigación *"Effects of Fiberglass on the Strength of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) as a Subbase Material"* [Efectos de la fibra de vidrio en la resistencia del pavimento asfáltico regenerado (RAP) como material de subbase], tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la fibra de vidrio sobre la resistencia del pavimento asfáltico recuperado utilizado como material de subbase. Utilizaron una metodología experimental con dosificaciones de 0%, 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. Determinaron que la MDS disminuyó de 2.14 a 2.01 g/cm³, que el OCH se mantuvo en 7.10% y que el CBR alcanzó su mayor valor con 4% de fibra de vidrio, pasando de 87% a 88.5%. Concluyeron que el RAP reforzado con fibra puede cumplir con las condiciones de subbase, aunque el exceso de fibra reduce su desempeño.

Patel (2022), en su artículo científico "*Experimental Investigation of Glass Fiber Reinforced Clayey Soil for Its Possible Application as Pavement Subgrade*

Material" [Investigación experimental de suelo arcilloso reforzado con fibra de vidrio para su posible aplicación como material de subrasante de pavimentos], tuvo como objetivo mejorar las propiedades de un suelo arcilloso mediante la incorporación de fibra de vidrio comercial de 20 mm. Utilizó una metodología experimental con dosificaciones de 0.25% a 1%. Se determinó que el suelo CL presentó LL=46%, LP=25%, OCH=19.4% y MDS=1.68 g/cm³; además, el CBR aumentó hasta una dosificación óptima de 0.75%, alcanzando 2.80 veces el CBR del suelo natural. Concluyó que el suelo arcilloso reforzado con fibra de vidrio puede emplearse como subrasante en pavimentos flexibles de bajo volumen de tránsito.

Kehinde et al. (2020), en la investigación *"Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with glass fiber"* [Propiedades geotécnicas de suelos lateríticos estabilizados con fibra de vidrio], tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la fibra de vidrio sobre las propiedades geotécnicas de dos suelos lateríticos. Utilizaron una metodología experimental en suelos CL y ML, incorporando fibra de vidrio entre 0.2% y 1.0%. Determinaron que, en el suelo CL, el OCH disminuyó de 12.5% a 9.3%, la MDS aumentó de 1.942 a 1.950 g/cm³ y el CBR se incrementó de 38.62% a 52.26% con 0.6% de fibra; mientras que en el suelo ML, el CBR alcanzó 53.01% con 1.0% de fibra. Concluyeron que la fibra de vidrio mejoró el CBR de ambos suelos.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Coáguila y Ramos (2025), en su tesis *"Estabilización de suelos con finos de pavimentación utilizando fibra de vidrio reciclado en la Av. El Paraíso, San Antonio, Moquegua 2023"*, tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la fibra de vidrio reciclada en suelos con alto contenido de arcilla expansiva. Utilizaron una metodología experimental con dosificaciones de 100, 150, 200 y 300 ml/m³. Determinaron que, al 95% de MDS, el CBR de tres calicatas aumentó de 8.40%, 10.15% y 11.69% a 23.59%,

25.34% y 26.87%; y al 100% de MDS, de 12.19%, 13.92% y 15.35% a 27.38%, 39.11% y 30.54%. Concluyeron que la fibra de vidrio redujo la expansividad y mejoró el CBR.

Tanta y Rodríguez (2025), en su tesis "*Diseño de un pavimento estabilizado con la incorporación de microesferas de vidrio para la carretera del tramo Llusita – Pitahua*", tuvieron como objetivo proponer un diseño de pavimento estabilizado mediante microesferas de vidrio incorporadas al suelo de cantera. Utilizaron una metodología experimental y de diseño estructural, con dosificaciones del 8%, 10% y 12%. Determinaron que el CBR aumentó de 13.40% a 31.80%, 61.10%, 75.00% y 80.40%, y que el espesor del pavimento se redujo de 80 cm a 60 cm. Concluyeron que la estabilización con microesferas de vidrio al 12% es viable.

López y Montalván (2024), en su tesis "*Efectos de la incorporación de polvo de vidrio reciclado en la estabilización de la subrasante de la calle 10 de Agosto, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas – 2023*", tuvieron como objetivo determinar la influencia del polvo de vidrio reciclado en la subrasante. Utilizaron una metodología experimental con dosificaciones de 2%, 5%, 7.5% y 10%. Determinaron que el suelo natural CL presentó MDS=1.699 g/cm³, OCH=17.35%, CBR=2.58% al 95% y 3.65% al 100%; mientras que, con 10% de polvo de vidrio, la MDS aumentó a 1.983 g/cm³, el OCH disminuyó a 10.93% y el CBR alcanzó 16.25% al 95% y 22.99% al 100%. Concluyeron que el polvo de vidrio mejoró el desempeño del suelo.

Huamani (2024), en su tesis *"Incorporación de fibras sintéticas para la estabilización de la subrasante en el distrito de Chilca – Huancayo 2022"*, tuvo como objetivo determinar la influencia de las fibras sintéticas de vidrio en suelos de subrasante destinados a pavimentos flexibles. Utilizó una metodología experimental con dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. Determinó que los suelos naturales presentaron MDS entre 1.731 y 1.835 g/cm³, OCH entre 16.5% y 18.9% y CBR al 95%

entre 3.2% y 4.0%; mientras que con 1.5% de fibra, el CBR al 95% aumentó hasta 26.33%, 25.97% y 22.80%, y al 100% alcanzó 38.43%, 36.53% y 37.80%. Concluyó que 1.5% de fibra mejora significativamente el CBR.

Gálvez (2023), en su tesis titulada *"Efecto de la Adición de Vidrio Pulverizado para la Estabilización de Suelos Arenosos en Subrasante"*, tuvo como objetivo determinar la influencia del vidrio pulverizado en suelos arenosos de subrasante. Utilizó una metodología experimental con dosificaciones de 5%, 7%, 9% y 11%. Determinó que el suelo natural presentó humedad de 7.54%, MDS=1.90 g/cm³, OCH=12.37%, CBR al 100%=12.85% y CBR al 95%=7.68%; mientras que con 9% de vidrio pulverizado, la MDS aumentó a 1.98 g/cm³, el OCH disminuyó a 9.86% y el CBR alcanzó 16.32% al 100% y 9.32% al 95%. Concluyó que el mejor porcentaje fue del 9%.

Álamo y Campos (2022), en su tesis *"Estabilización de suelos empleando polvo de carbón vegetal y fibra de vidrio para el diseño del pavimento en Cascajal, Chimbote, 2022"*, tuvieron como objetivo determinar la influencia del polvo de carbón vegetal y de la fibra de vidrio en la estabilización de un suelo vial. Utilizaron una metodología experimental con 2.5%, 6% y 10% de fibra de vidrio. Determinaron que los suelos SP-SM presentaron un MDS inicial de 1.557 g/cm³ y un OCH de 15.7%; con fibra, el MDS disminuyó a 1.498 g/cm³, el OCH a 13.7% y el CBR presentó su mejor respuesta con 2.5%, alcanzando 15.4% al 100% y 10.0% al 95% de MDS. Concluyeron que la dosificación más favorable fue 2.5% de fibra.

Soberon (2022), en su tesis *"Estabilización de suelos arcillosos usando vidrio reciclado molido para su uso como subrasante mejorada en pavimentos urbanos en la urb. Ciudad del Chofer, Chiclayo 2019"*, tuvo como objetivo determinar la influencia del vidrio reciclado molido en un suelo arcilloso. Utilizó una metodología experimental

con dosificaciones de 3%, 6%, 9% y 14% y granulometrías de 75 µm y 300 µm. Determinó que la MDS aumentó de 1.756 a 1.832 g/cm³, el OCH disminuyó de 14.95% a 10.52% y el CBR aumentó de 3.8% a 13.2% en una calicata y de 3.0% a 10.5% en otra. Concluyó que el vidrio pulverizado mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo, con una dosificación adecuada cercana al 9%.

2.1.3. Antecedentes regionales

Alarcón y Ramírez (2024), en su tesis *"Evaluación de la influencia del vidrio triturado en suelo limoso de la trocha carrozable Monteseco – Udima del KM 2+500 al 5+500, Cajamarca"*, tuvieron como objetivo evaluar dicha influencia en un suelo limoso de una trocha carrozable. Utilizaron una metodología experimental con dosificaciones de 5%, 10%, 15% y 20% del volumen del suelo. Determinaron que el suelo natural A-7-5(20) presentó LL=72.38%, IP=25.26%, MDS=1.73 g/cm³, OCH=11.96% y CBR=2.87%; mientras que con 10% de vidrio triturado, la MDS fue de 1.76 g/cm³, el OCH de 14.0% y el CBR de 8.44%. Concluyeron que el porcentaje óptimo fue del 10%.

Calua (2021), en su tesis de maestría titulada *"Influencia de la incorporación de microfibras de polipropileno en el índice CBR de los suelos arcillosos en el sector 11 de la ciudad de Cajamarca"*, tuvo como objetivo determinar la influencia de las microfibras de polipropileno sobre el índice CBR de los suelos arcillosos. Utilizó una metodología experimental con fibras de 12 mm y una combinación de 12 mm y 19 mm, en dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5% y 2%. Se determinó que el suelo CL incrementó su CBR de 5.55% a 7.00% con microfibra de 12 mm al 2% y a 6.57% con la combinación de fibras al mismo porcentaje. Concluyó que el refuerzo fibroso incrementa el CBR del suelo arcilloso.

2.1.4. Análisis crítico de antecedentes

Los antecedentes revisados muestran una tendencia común: la incorporación de fibra de vidrio o de materiales vítreos mejora la capacidad de soporte del suelo, especialmente al evaluarla mediante el CBR. Sin embargo, la mejora no es lineal ni indefinida, ya que una mayor cantidad de fibra o de vidrio no siempre se traduce en un mejor desempeño. En varios estudios se identifica una dosificación óptima, después de la cual el CBR se estabiliza o disminuye, probablemente debido a problemas de aglomeración, a la pérdida de la compactación efectiva o a la alteración del contacto entre partículas.

En los estudios con fibra de vidrio, las dosificaciones óptimas tienden a ubicarse en rangos bajos, principalmente entre 0.6% y 1.5%, según el tipo de suelo. En suelos arcillosos o expansivos, los porcentajes cercanos a 0.75%, 1.0% y 1.5% se repiten como valores técnicamente favorables. En cambio, cuando se emplean materiales vítreos pulverizados, triturados o microesferas, los porcentajes óptimos suelen ser mayores, entre 9% y 12%, debido a que su mecanismo de acción se asocia más al reemplazo parcial y al reacomodo granulométrico que al refuerzo por tracción. Esta tendencia justifica la selección de dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio en la presente investigación, ya que se encuentran dentro del intervalo más utilizado en estudios experimentales sobre el refuerzo fibroso de subrasantes.

Tabla 1

Resumen comparativo de antecedentes sobre estabilización de suelos con fibra de vidrio y materiales vítreos

Autor(es)	Material incorporado	Tipo de suelo o material evaluado	Dosificaciones evaluadas	Dosificación óptima o más favorable	Resultado principal	Tendencia técnica identificada
Abhishek et al. (2025)	Fibra de vidrio con RCD, CCR y melaza	Suelo CH	Mezcla suelo: CDW: CCR: M: GF = 60:24:4:10:2	2% de fibra de vidrio en mezcla compuesta	El CBR aumentó de 1.4% a 11.5%.	La fibra de vidrio mejora la capacidad de soporte cuando actúa como refuerzo en mezclas estabilizadas.
Kumar et al. (2025)	Fibra de basalto, ceniza de fondo y cemento	Suelo ML	0.5%, 1%, 2% y 4% de fibra	1% de fibra	El CBR aumentó de 3.36% a 12.52%.	Las fibras presentan un mejor desempeño en contenidos intermedios, no necesariamente en las dosificaciones más altas.
Al-Khazaleh et al. (2024)	Fibra de vidrio y caucho	Suelo expansivo A-7-6	0%, 0.5%, 1% y 1.5%	1.5% de fibra de vidrio	El CBR aumentó de 13% a 22.9%; la MDS disminuyó de 1.92 a 1.75 g/cm³.	La fibra incrementa el CBR, aunque puede reducir la densidad seca debido a su baja densidad y a su efecto sobre el arreglo interno del suelo.
Al-Khazaleh et al. (2023)	Fibra de vidrio y caucho triturado	Suelo expansivo A-7-6	0%, 0.5%, 1% y 1.5%	1.5% de fibra de vidrio	El CBR aumentó de 13% a 22.9% y la UCS de 27.8 kPa a 103.3 kPa.	El rango de 0.5% a 1.5% de fibra de vidrio resulta técnicamente favorable en suelos expansivos.
Daryaee et al. (2024)	Fibra de vidrio y gránulos de polietileno	Suelo arena-arcilla	0%, 0.75%, 1% y 1.5%	0.75% de fibra de vidrio	El CBR varió de 10.5% a 11.0%, 7.7% y 5.3%.	El exceso de fibra puede disminuir la capacidad de soporte, por lo que existe una dosificación óptima.
Noolu et al. (2024)	Fibra de vidrio y GGBS	Suelo expansivo	0% a 2% de fibra de vidrio y 0% a 30% de GGBS	0.78% de fibra de vidrio + 24% de GGBS	La UCS aumentó 72% y el CBR y módulo resiliente se incrementaron aproximadamente tres veces.	Los contenidos cercanos a 1% de fibra de vidrio pueden generar mejoras importantes en suelos expansivos.
Mostafa et al. (2023)	Fibra de vidrio	RAP como material de subbase	0%, 2%, 4%, 6%, 8% y 10%	4% de fibra de vidrio	El CBR aumentó de 87% a 88.5%.	En materiales granulares reciclados pueden requerirse dosificaciones mayores que en suelos finos.
Patel (2022)	Fibra de vidrio	Suelo arcilloso CL	0.25% a 1%	0.75% de fibra de vidrio	El CBR alcanzó 2.80 veces el valor del suelo natural.	Las dosificaciones bajas pueden mejorar significativamente la capacidad de soporte de suelos arcillosos.
Kehinde et al. (2020)	Fibra de vidrio	Suelos lateríticos CL y ML	0.2% a 1.0%	0.6% en CL y 1.0% en ML	En CL, el CBR aumentó del 38.62% al 52.26%; en ML, alcanzó el 53.01%.	La dosificación óptima depende de la clasificación y composición del suelo.

Autor(es)	Material incorporado	Tipo de suelo o material evaluado	Dosificaciones evaluadas	Dosificación óptima o más favorable	Resultado principal	Tendencia técnica identificada
Coáguila y Ramos (2025)	Fibra de vidrio reciclada	Suelos con arcilla expansiva	100, 150, 200 y 300 ml/m³	300 ml/m³	Al 100% de MDS, el CBR alcanzó hasta 39.11%.	La fibra reciclada mejora el CBR en distintos niveles de compactación.
Tanta y Rodríguez (2025)	Microesferas de vidrio	Suelo de cantera	8%, 10% y 12%	12%	El CBR aumentó de 13.40% a 80.40% y el espesor del pavimento se redujo de 80 cm a 60 cm.	Los materiales vítreos pueden incrementar la capacidad de soporte y reducir los espesores estructurales.
López y Montalván (2024)	Polvo de vidrio reciclado	Suelo arcilloso CL	2%, 5%, 7.5% y 10%	10%	El CBR aumentó del 2.58% al 95% de MDS al 16.25% y del 3.65% al 100% de MDS al 22.99%.	El polvo de vidrio mejora el desempeño físico-mecánico de subrasantes arcillosas de baja capacidad.
Huamani (2024)	Fibra sintética de vidrio	Suelos de subrasante	0.5%, 1%, 1.5% y 2%	1.5% de fibra de vidrio	El CBR al 95% aumentó hasta 26.33% y al 100% hasta 38.43%.	La dosificación de 1.5% muestra alta eficiencia para mejorar el CBR de subrasantes.
Gálvez (2023)	Vidrio pulverizado	Suelo arenoso de subrasante	5%, 7%, 9% y 11%	9%	El CBR aumentó de 12.85% a 16.32% al 100% de MDS.	El vidrio pulverizado mejora el CBR hasta una dosificación intermedia óptima.
Álamo y Campos (2022)	Fibra de vidrio y polvo de carbón vegetal	Suelo SP-SM	2.5%, 6% y 10%	2.5% de fibra de vidrio	El CBR al 100% aumentó de 9.5% a 15.4%; con mayores dosificaciones el valor disminuyó.	El exceso de fibra puede reducir el beneficio mecánico debido a la pérdida de compactación o a una distribución no uniforme.
Soberon (2022)	Vidrio reciclado molido	suelo arcilloso	3%, 6%, 9% y 14%	Cercana a 9%	El CBR aumentó de 3.8% a 13.2% y de 3.0% a 10.5% en dos calicatas.	El vidrio reciclado molido mejora la capacidad de soporte en suelos arcillosos.
Alarcón y Ramírez (2024)	Vidrio triturado	Suelo limoso A-7-5(20)	5%, 10%, 15% y 20%	10%	El CBR aumentó de 2.87% a 8.44%.	El comportamiento mejora hasta alcanzar una dosificación óptima y luego puede estabilizarse o disminuir.
Calua (2021)	Microfibra de polipropileno	Suelo arcilloso CL	0.5%, 1%, 1.5% y 2%	2%	El CBR aumentó de 5.55% a 7.00%.	El refuerzo fibroso incrementa el CBR, aunque su efecto depende del tipo, la longitud y la dosificación de la fibra.

Nota. La tabla compara antecedentes sobre fibras de vidrio, fibras sintéticas y materiales vítreos aplicados al mejoramiento de suelos de subrasante. En conjunto, los estudios evidencian que las fibras suelen presentar dosificaciones óptimas bajas o intermedias, mientras que los materiales vítreos pulverizados o triturados requieren porcentajes mayores debido a su mecanismo de acción granulométrico.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Suelo como material de ingeniería en carreteras

El suelo constituye el material de fundación sobre el cual se apoya todo el sistema de pavimento, por lo que sus propiedades físicas, hidráulicas y mecánicas condicionan la estabilidad y la vida útil de la estructura vial (Chu et al., 2023).

2.2.1.1. Importancia del suelo en la infraestructura vial.

El suelo constituye la base natural sobre la que se disponen las capas del pavimento y, en consecuencia, incide directamente en la capacidad del sistema para distribuir cargas, controlar deformaciones y mantener condiciones adecuadas de servicio (Kumar y Shukla, 2022).

2.2.1.2. El suelo de subrasante y su función estructural en el pavimento.

El suelo de subrasante actúa como medio de apoyo para las capas superiores y su módulo o rigidez influye en la distribución de esfuerzos y deformaciones en el sistema vial. En ese sentido, las variaciones en la humedad modifican el módulo del suelo de subrasante y, con ello, la respuesta estructural del pavimento, lo que afecta fenómenos como el ahuellamiento y la fisuración (Bentil y Zhou, 2024).

2.2.1.3. Comportamiento del suelo de subrasante frente a cargas vehiculares.

Ante cargas vehiculares repetidas, el suelo de subrasante experimenta una deformación permanente progresiva, asociada al reacomodo de partículas, a la fluencia plástica y a la acumulación de esfuerzos cíclicos, lo que puede comprometer la serviciabilidad de las capas superiores del pavimento. Este comportamiento depende de factores como el contenido de humedad, el grado de compactación, la magnitud del esfuerzo desviador y el historial de cargas, de modo que un aumento de la humedad o una compactación insuficiente incrementa notablemente la deformación acumulada y la susceptibilidad del pavimento a fallas funcionales y estructurales (Zhang et al., 2024).

2.2.2. Mejoramiento y estabilización de suelos

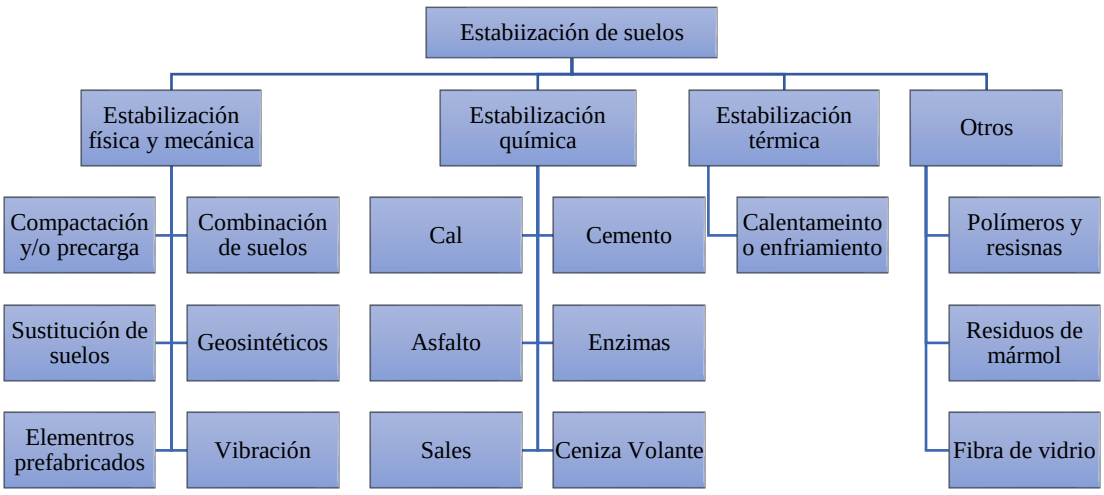
El mejoramiento de suelos puede entenderse como el conjunto de técnicas destinadas a optimizar el comportamiento físico y mecánico de un terreno, sin limitarse únicamente a la incorporación de aditivos, sino que también incluye cambios en su estructura, densidad o composición. Desde esta perspectiva, mejorar un suelo implica adecuarlo a los requerimientos del proyecto, aumentando su estabilidad y su capacidad como material de soporte para pavimentos (Wibowo et al., 2023).

2.2.2.1. Estabilización mecánica, física y química de suelos.

La estabilización de suelos comprende distintos mecanismos de intervención. La estabilización físico-mecánica modifica la estructura del suelo mediante compactación o reconfiguración granulométrica, mientras que la estabilización química incorpora materiales reactivos, como cal, cemento, cenizas o subproductos industriales, capaces de inducir reacciones de intercambio catiónico, floculación o formación de compuestos cementantes. En ambos casos, el propósito es reducir la plasticidad, limitar la absorción de agua y mejorar los parámetros resistentes (Macías-Párraga et al., 2025).

Figura 1

Tipos de estabilización de suelos



Nota. (Goicochea y Lugones, 2023).

2.2.2.2. Estabilización de subrasantes para pavimentos.

La estabilización de subrasantes para pavimentos es una estrategia técnica orientada a mejorar la respuesta estructural del suelo de fundación cuando este no cumple con las exigencias de soporte del tránsito o presenta un comportamiento desfavorable frente a la humedad. Su aplicación permite incrementar parámetros como el CBR y la resistencia del suelo (Mostafa et al., 2024).

2.2.2.3. Importancia del mejoramiento del suelo de subrasante en carreteras de bajo volumen de tránsito.

En carreteras de bajo volumen de tránsito, el mejoramiento del suelo de subrasante es especialmente importante, ya que estas vías suelen construirse con recursos limitados y materiales disponibles localmente; por ello, el desempeño del pavimento depende en gran medida de la calidad del suelo de apoyo. En ese contexto, estabilizar la subrasante permite incrementar la capacidad de soporte del terreno y reducir el espesor requerido del pavimento, lo que favorece soluciones más económicas y técnicamente viables para caminos rurales y vías con tránsito ligero o moderado (Turkane y Chouksey, 2022).

2.2.2.4. Alternativas innovadoras para el mejoramiento y la estabilización de suelos.

Las alternativas innovadoras para la estabilización de suelos incluyen el uso de fibras, polímeros, residuos industriales, geosintéticos y nanomateriales, con la finalidad de mejorar el comportamiento físico-mecánico del suelo de manera más eficiente y sostenible que los métodos tradicionales. Entre estas opciones, la fibra de vidrio destaca por su alta resistencia a la tracción, su durabilidad y su bajo peso, lo que mejora la capacidad de soporte, la resistencia al corte y la estabilidad volumétrica de suelos con baja resistencia natural, especialmente cuando se emplean fibras recicladas como alternativa sostenible (Abhishek et al., 2025).

2.2.3. Fundamento del refuerzo de suelos con fibras

El refuerzo de suelos con fibras constituye una técnica de mejoramiento en la que elementos discretos se incorporan aleatoriamente en la matriz del suelo para incrementar su resistencia, ductilidad y capacidad de deformación, especialmente frente a esfuerzos cíclicos, de corte y de compresión (Alqawasmeh et al., 2023).

2.2.3.1. Teoría del refuerzo de suelos con fibras discontinuas.

La teoría del refuerzo con fibras discontinuas sostiene que, al estar distribuidas aleatoriamente en el suelo, las fibras actúan como elementos de tracción que restringen los desplazamientos relativos entre partículas, mejoran la transferencia de esfuerzos y aumentan la resistencia y la tenacidad del material compuesto (Noaman et al., 2022).

2.2.3.2. Mecanismo de interacción fibra–suelo.

El mecanismo de interacción fibra–suelo se explica principalmente por la fricción interfacial, el anclaje mecánico y la resistencia al arranque que se desarrollan entre la superficie de la fibra y las partículas del suelo, lo que permite movilizar esfuerzos de tracción y contribuye al refuerzo global del material (Xiao et al., 2024).

2.2.3.3. Efecto del confinamiento y del puenteo de fibras en la matriz del suelo.

Dentro de la matriz del suelo, las fibras generan un efecto de confinamiento al restringir la movilidad de las partículas y un efecto de puenteo al atravesar zonas potenciales de fisuración o de deformación localizada, lo que contribuye a mantener la continuidad del material y a redistribuir los esfuerzos internos (Chen et al., 2025).

2.2.3.4. Influencia de la dosificación de fibra sobre el comportamiento del suelo.

La dosificación de fibra influye en el comportamiento del suelo porque existe un contenido óptimo a partir del cual se maximiza la resistencia; sin embargo, cuando la cantidad de fibra supera ese umbral, pueden presentarse fenómenos de aglomeración y una disminución de la compactación efectiva (Kumar S. et al., 2025).

2.2.4. Fibra de vidrio como material de refuerzo geotécnico

La fibra de vidrio se ha consolidado como un material de refuerzo geotécnico por su capacidad para incrementar la resistencia y la ductilidad del suelo sin alterar drásticamente su naturaleza granular o fina, ya que actúa como un refuerzo discreto que mejora la transferencia de esfuerzos y controla la deformación del material tratado (Patel, 2022).

2.2.4.1. Naturaleza y composición de la fibra de vidrio.

La fibra de vidrio es un material inorgánico obtenido a partir de la fusión de materias primas ricas en sílice, como arena, caliza, alúmina y otros óxidos minerales, que luego se transforman en filamentos continuos o discontinuos de diámetro muy reducido. Esta composición le confiere estabilidad química, baja susceptibilidad a la corrosión y compatibilidad con distintas matrices, por lo que su empleo como refuerzo se ha extendido ampliamente en los materiales compuestos (Yan et al., 2025).

2.2.4.2. Proceso de fabricación de fibras de vidrio.

Thomason et al. (2024) señalan que la fabricación industrial de fibras de vidrio se realiza mediante un proceso de estirado directo del vidrio fundido:

Fusión. Mezcla de materias primas previamente dosificadas ingresa al horno para su fusión y homogeneización, formando una masa vítrea continua que luego pasa a la zona de refinado y a la de conducción hacia el área de conformado.

Fibrado. Consiste en hacer pasar el vidrio fundido a través de placas de bushing de aleación de platino, provistas de múltiples orificios, por los cuales el material fluye por gravedad y luego se estira rápidamente hasta formar filamentos continuos de vidrio.

Ensimado. Después de la conformación, las fibras reciben un tratamiento de sizing, cuyo objetivo es reducir el daño superficial, conservar la resistencia de las fibras y mejorar su compatibilidad interfacial con las matrices poliméricas.

Bobinado. Luego del ensimado, los filamentos se reúnen en hebras y se conducen hacia el winder, donde se enrollan de forma continua.

Secado. Durante el proceso industrial, tras la aplicación del sizing, la fibra pasa por una etapa de acondicionamiento que permite estabilizar el recubrimiento superficial y preparar el material para su almacenamiento o transformación posteriores. Esta fase está asociada al esquema de drying/packaging del proceso productivo.

Transformación final. Finalmente, las fibras se presentan en el formato requerido para su uso comercial o industrial, ya sea como hebras continuas enrolladas, como material para corte o en presentaciones destinadas a procesos posteriores.

2.2.4.3.Tipos de vidrio y fibras de vidrio.

La fibra de vidrio se clasifica en cinco tipos: E, R, D, C y AR.

Vidrio E. Es el tipo de fibra de vidrio más utilizado en materiales compuestos debido a su adecuada resistencia mecánica, buen comportamiento eléctrico y una relación favorable entre desempeño y costo (Aziz et al., 2025).

Vidrio R (alto desempeño mecánico). Se emplea cuando se requiere un mayor desempeño mecánico y resulta apropiado para estructuras (Aziz et al., 2025).

Vidrio D (características dieléctricas muy buenas). Se caracteriza por sus propiedades dieléctricas, por lo que se utiliza en aplicaciones que requieren baja pérdida eléctrica y un buen comportamiento electromagnético (Aziz et al., 2025).

Vidrio C. Tiene una mejor resistencia química y a la corrosión que otros tipos, por lo que se utiliza en ambientes agresivos y en aplicaciones como tuberías (Aziz et al., 2025).

Vidrio AR (resistente al álcali). Es un vidrio resistente a los álcalis, diseñado especialmente para su uso en materiales de base cementaria, donde se requiere una mayor durabilidad frente a medios alcalinos (Aziz et al., 2025).

2.2.4.4.Propiedades físicas y mecánicas de la fibra de vidrio.

Entre las propiedades físicas y mecánicas más destacadas se encuentran su baja densidad, alta resistencia a la tracción, buena rigidez, estabilidad dimensional y resistencia al deterioro químico, características que la convierten en un material apto para reforzar suelos sometidos a esfuerzos repetidos y a condiciones ambientales variables (Madrid et al., 2024).

Tabla 2

Propiedades mecánicas de los distintos tipos de fibra de vidrio

Propiedades	Vidrio E	Vidrio D	Vidrio R	Vidrio AR
Densidad (g/cm³)	2.6	2.14	2.53	2.68
Resistencia a la tensión	3400	2500	4400	3000
Módulo elástico (GPa)	72	55	86	72
Resistencia a la ruptura (%)	4.5	4.5	5.2	4.3

Nota. (Muñoz, 2007).

2.2.4.5.Ventajas y limitaciones del uso de la fibra de vidrio en suelos.

El uso de fibra de vidrio en suelos presenta ventajas como el incremento de la resistencia, la mejora de la ductilidad, la reducción de la fragilidad y la posibilidad de alcanzar mejores condiciones de soporte con bajas dosificaciones; sin embargo, también presenta limitaciones asociadas a la aglomeración de fibras, la pérdida de uniformidad en la mezcla y la disminución del efecto beneficioso cuando se supera la dosificación óptima. Por ello, su desempeño depende no solo de sus propiedades intrínsecas, sino también de la compatibilidad con el tipo de suelo, la longitud de la fibra y el procedimiento de mezclado empleado (Gul y Mir, 2023).

2.2.4.6.Aplicaciones de la fibra de vidrio en geotecnia y en pavimentos.

En geotecnia, la fibra de vidrio se ha aplicado como material de refuerzo en subrasantes, suelos expansivos, terraplenes y capas de apoyo, debido a su capacidad para mejorar la resistencia al corte, la capacidad de carga y el comportamiento frente a

las deformaciones. Estas aplicaciones han mostrado resultados favorables tanto en ensayos de laboratorio como en modelos de capacidad de soporte, lo que confirma que el refuerzo con fibras de vidrio puede constituir una alternativa técnica útil para el mejoramiento de suelos destinados a la infraestructura vial (Aksu Alcan y Çelik, 2023).

2.2.4.7. Influencia de la longitud de la fibra.

Las características mecánicas de los compuestos reforzados con fibras dependen no solo de las propiedades de la fibra, sino también del grado en que una carga aplicada se transmite a la fibra a través de la fase matriz. En este proceso resulta importante la magnitud de la unión en la interfaz entre las fases de matriz y de fibra (Toth et al., 2024). Existe una longitud crítica de fibra que incrementa la resistencia y la rigidez del material compuesto. Esta longitud crítica lc depende del diámetro d de la fibra, de la resistencia a la tracción σf y de la resistencia de la unión matriz-fibra τc.

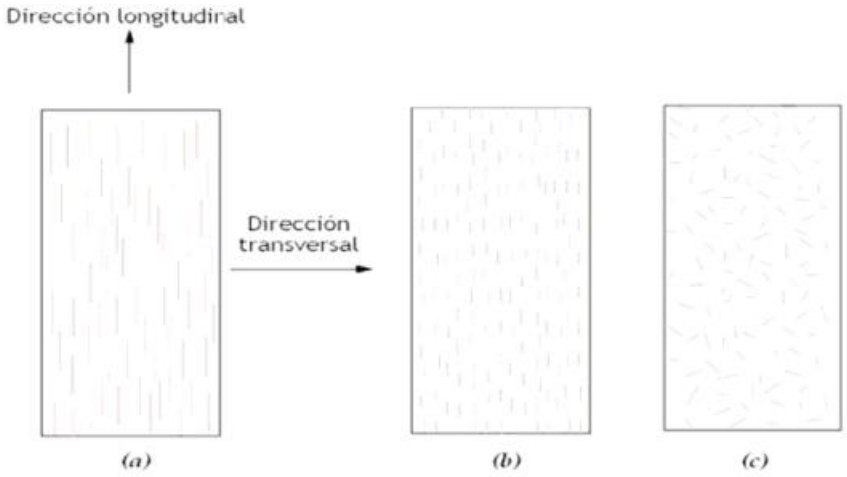
$$Lc = \frac{\sigma f \times d}{Tc} \quad (1)$$

2.2.4.8. Influencia de la orientación y la concentración de la fibra.

La orientación y la concentración de la fibra influyen en el comportamiento mecánico de los materiales compuestos reforzados, ya que controlan la eficiencia de la transferencia de carga entre la matriz y el refuerzo. Cuando las fibras se orientan en la dirección principal del esfuerzo, el compuesto suele desarrollar mayor resistencia y rigidez en esa dirección; en cambio, las fibras dispuestas al azar o en direcciones distintas tienden a generar una respuesta más uniforme, aunque generalmente con un desempeño mecánico menor en una dirección específica. Asimismo, el incremento de la concentración o fracción volumétrica de fibra puede mejorar la resistencia y la rigidez del material hasta alcanzar un contenido óptimo; sin embargo, cantidades excesivas pueden dificultar la impregnación de la matriz, favorecer aglomeraciones y reducir la eficiencia estructural del compuesto (Iquilio et al., 2024).

Figura 2

Compuestos reforzados con fibras (a) fibras continuas y alineadas, (b) fibras discontinuas y alineadas y (c) fibras discontinuas y orientadas al azar



Nota. (Muñoz, 2007).

2.2.4.9. Materiales compuestos con fibras discontinuas y orientadas al azar.

Los materiales compuestos con fibras discontinuas y orientadas al azar se caracterizan por presentar fibras cortas dispersas en diferentes direcciones dentro de la fase matriz, lo que condiciona su respuesta mecánica global. En estos compuestos, el módulo elástico se evalúa mediante modelos micromecánicos basados en la regla de las mezclas y en procedimientos de promediado de orientación, ya que la rigidez final depende de la fracción de fibras, su geometría y su distribución angular en la matriz (Chandekar et al., 2022). En estas circunstancias, el módulo elástico se expresa mediante una regla de las mezclas:

$$Ec = (K \times Ef \times Vf) + (Em \times Vm) \quad (2)$$

Donde: K = parámetro de eficiencia de la fibra (típicamente comprendido entre 0.1 y 0.6). E = módulo elástico (f se refiere a la fibra y m a la matriz). V = fracción de volumen.

2.2.5. Comportamiento físico del suelo derivado de la compactación de la subrasante

2.2.5.1. Métodos de compactación

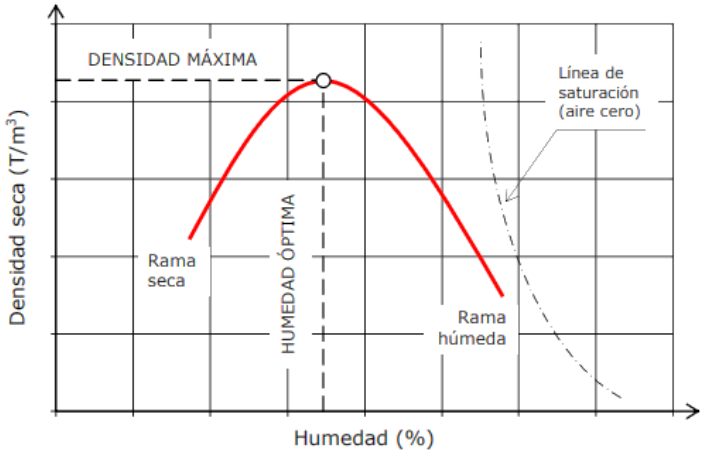
Los métodos de compactación pueden desarrollarse tanto en el laboratorio como en el campo. En el laboratorio, los procedimientos más utilizados son el Proctor estándar y el Proctor modificado, que difieren principalmente en la energía de compactación aplicada. En campo, la compactación se realiza con equipos como rodillos lisos, rodillos neumáticos, rodillos pata de cabra y compactadores vibratorios (Stępień et al., 2025).

2.2.5.2. Parámetros de compactación.

La máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad son parámetros de compactación porque representan, respectivamente, el mayor nivel de densificación alcanzable y la cantidad de agua con la que el suelo alcanza esa condición a una energía de compactación determinada. Ambos parámetros están estrechamente relacionados, ya que el contenido de humedad regula la lubricación entre partículas y facilita su acomodo, mientras que la densidad seca refleja el grado de empaquetamiento alcanzado por la matriz del suelo compactado (Arunthathi et al., 2022).

Figura 3

Curva de compactación



Nota. (Bañón y Beviá, 2000).

2.2.5.3. Influencia de la fibra de vidrio sobre la densidad seca máxima del suelo.

La incorporación de fibra de vidrio puede modificar la densidad máxima seca del suelo, ya que introduce un material de menor peso específico y altera el arreglo interno de las partículas durante la compactación; por ello, en muchos casos se observa una ligera disminución de la MDS a medida que aumenta la dosificación de fibra. En un suelo arcilloso reforzado con fibra de vidrio para posible uso como subrasante, Patel (2022) reportó que la MDS disminuyó de 1.680 a 1.657 g/cm³ al incrementarse el contenido de fibra hasta 1.0%, lo que indica que el efecto del refuerzo no siempre se traduce en mayor densificación del material

2.2.5.4. Influencia de la fibra de vidrio en el contenido óptimo de humedad del suelo.

La fibra de vidrio también puede influir en el contenido óptimo de humedad del suelo, ya que su presencia modifica la distribución del agua en la mezcla y la energía necesaria para lograr una compactación eficiente, lo que, en varios casos, genera incrementos ligeros del OCH. En el estudio de Patel (2022), realizado en un suelo arcilloso reforzado con fibra de vidrio, el contenido óptimo de humedad aumentó de 19.4% a 19.7% conforme se incrementó la dosificación de fibra, lo que evidencia que el refuerzo fibroso puede requerir una humedad ligeramente mayor para lograr condiciones adecuadas de compactación.

2.2.5.5. Relación con el desempeño de la subrasante

La compactación adecuada del suelo es un factor esencial para el desempeño de la subrasante, ya que mejora su resistencia, reduce la deformación permanente y favorece una distribución más uniforme de esfuerzos hacia las capas inferiores del pavimento. Asimismo, una mayor densidad del suelo suele traducirse en un incremento del CBR, lo que permite reducir problemas como ahuellamientos, pérdida de soporte y asentamientos diferenciales durante la vida útil del pavimento (Wang et al., 2025).

2.2.6. Comportamiento mecánico del suelo de subrasante

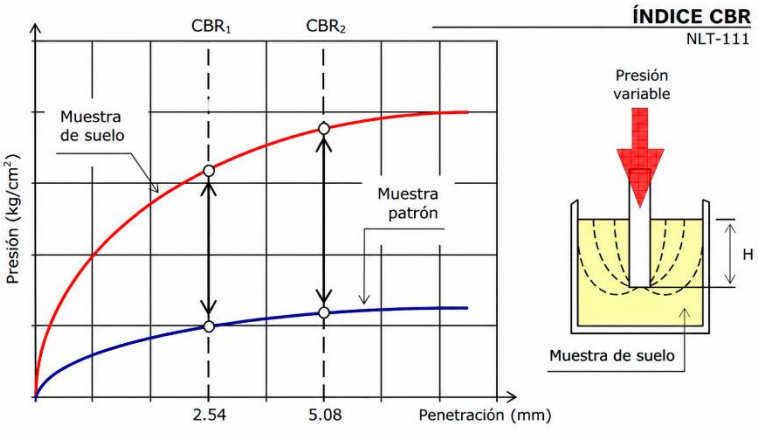
El comportamiento mecánico del suelo de subrasante está vinculado a su capacidad de resistir esfuerzos y deformaciones bajo la acción del tránsito, por lo que parámetros como la capacidad de soporte resultan determinantes para el desempeño del pavimento. En ese sentido, el California Bearing Ratio (CBR) se emplea ampliamente como indicador indirecto de la resistencia del suelo compactado (Espinosa et al., 2023).

2.2.6.1. Capacidad de soporte del suelo.

La capacidad de soporte del suelo puede entenderse como la aptitud del material para resistir cargas aplicadas sin experimentar deformaciones excesivas ni fallas que comprometan su función como soporte estructural. De modo que, en los pavimentos, esta propiedad condiciona la estabilidad de la subrasante. Desde la perspectiva geotécnica vial, dicha capacidad se evalúa mediante el CBR, un parámetro que refleja, de manera práctica, la resistencia del suelo compactado (Pule y Yendaw, 2024).

Figura 4

Modelo de curva CBR



Nota. (Bañón y Beviá, 2000).

2.2.6.2. Ensayo California Bearing Ratio (CBR).

El ensayo CBR se realiza en laboratorio compactando una muestra de suelo en un molde estándar, bajo condiciones controladas de humedad y densidad, generalmente

a la máxima densidad seca y a la humedad óptima. Cuando se evalúa en condición saturada, la muestra se sumerge en agua durante 4 días y luego se somete a la penetración de un pistón estándar, registrándose la carga necesaria para alcanzar penetraciones de 2.5 mm y 5 mm (Vinay et al., 2026).

2.2.6.3. CBR al 95% y al 100% de la densidad seca máxima.

El CBR al 95% y al 100% de la máxima densidad seca representa la capacidad de soporte del suelo, evaluada en dos niveles de compactación, lo que permite analizar cómo varía su resistencia a medida que aumenta el grado de densificación de la muestra. Esta comparación es relevante en pavimentos porque el CBR no es un valor fijo del suelo, sino una respuesta dependiente del estado de compactación y de la humedad alcanzados en laboratorio o en campo (Hosna y Sagor, 2025).

2.2.6.4. Relación entre la compactación y la capacidad de soporte.

La relación entre compactación y capacidad de soporte es directa, ya que al aumentar la densidad seca del suelo y controlar la humedad de moldeo, se favorece el contacto entre partículas, se reducen los vacíos y se incrementa la resistencia a la penetración, lo que se traduce en valores mayores de CBR. Por ello, la compactación constituye uno de los factores más influyentes en el comportamiento mecánico de la subrasante (Liu et al., 2023).

2.2.6.5. Influencia de la fibra de vidrio en el CBR

La incorporación de fibra de vidrio en suelos de subrasante constituye una técnica de estabilización no convencional que mejora la capacidad de soporte, evaluada mediante el CBR, al actuar como un refuerzo tridimensional que incrementa la resistencia a la deformación, aumenta la cohesión aparente y reduce la formación de fisuras internas (Kehinde et al., 2020).

2.2.7. Aplicación del suelo como subrasante

La aplicación del suelo como subrasante implica su uso como capa de fundación del pavimento, cuya función es recibir y transmitir las cargas provenientes de las capas superiores al terreno natural, por lo que su aptitud depende de propiedades como la capacidad de soporte. En este sentido, la evaluación geotécnica del suelo destinado a la subrasante resulta indispensable, ya que sus características influyen en la estabilidad estructural del pavimento a lo largo de su vida útil (Pule y Yendaw, 2024).

2.2.7.1. Requisitos geotécnicos para su uso como subrasante.

Los requisitos geotécnicos para que un suelo pueda emplearse como subrasante se asocian con que presente condiciones adecuadas de resistencia, plasticidad, densidad, humedad y deformación permanente, ya que estos parámetros determinan su capacidad para funcionar como soporte del pavimento sin generar asentamientos ni fallas prematuras (Pule y Yendaw, 2024).

2.2.7.2. Módulo de reacción de la subrasante.

El módulo de reacción de la subrasante es un parámetro que representa la rigidez del apoyo que el suelo ofrece ante una carga aplicada y se emplea principalmente en el análisis y el diseño de pavimentos. Este parámetro se vincula con el módulo resiliente del suelo y permite caracterizar la respuesta estructural de la subrasante ante cargas repetidas (Mendoza-Sánchez et al., 2024).

2.2.7.3. Influencia del suelo de subrasante en el desempeño del pavimento.

El suelo de subrasante influye en el desempeño del pavimento porque su módulo y su susceptibilidad a cambios de humedad condicionan la magnitud de los esfuerzos críticos y del deterioro acumulado en la estructura vial. Así, una subrasante de menor rigidez o con un comportamiento no uniforme puede incrementar las deformaciones verticales y favorecer mecanismos de falla (Bentil y Zhou, 2024).

2.2.8. Características de la carretera y su relación con la subrasante

Las características de la carretera guardan una relación directa con la subrasante, ya que el desempeño estructural y funcional del pavimento depende no solo de las propiedades del suelo de apoyo, sino también de las condiciones geométricas, topográficas, ambientales y operativas de la vía (Mendoza-Sánchez et al., 2024).

2.2.8.1. Características generales de la carretera.

Aspectos como la longitud, el ancho de calzada, el estado superficial, la conectividad, el drenaje y los elementos complementarios de la infraestructura condicionan la operación, la seguridad y la conservación de la vía (Styer et al., 2024).

2.2.8.2. Características topográficas del tramo vial.

Las características, tales como pendiente longitudinal, relieve, variación altimétrica y trazado en ladera o en zona ondulada, influyen en el comportamiento de la carretera, pues condicionan el escurrimiento superficial, la estabilidad de los taludes, la concentración de esfuerzos y la susceptibilidad de la subrasante (Said et al., 2024).

2.2.8.3. Características del tránsito vehicular.

Las características del tránsito vehicular incluyen el volumen de tránsito, la composición vehicular, la distribución por ejes y la magnitud de las cargas repetidas, variables que determinan la intensidad de solicitación a la que se encuentran sometidos el pavimento y, por consiguiente, la subrasante (Famewo y Shokouhian, 2025).

2.2.8.4. Relación entre el tránsito, la topografía y el comportamiento de la subrasante.

La relación entre el tránsito, la topografía y el comportamiento de la subrasante se manifiesta en que las cargas cíclicas de los vehículos actúan sobre un suelo cuyo estado tensional y de humedad está condicionado por la geometría y el relieve del tramo, de modo que pendientes, drenaje deficiente y concentración de esfuerzos pueden acelerar la pérdida de rigidez y la deformación del material de apoyo (Li et al., 2024).

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Fibra vidrio

La fibra de vidrio es un material de refuerzo formado por filamentos continuos o discontinuos de vidrio, que generalmente se incorporan a una matriz polimérica para conformar materiales compuestos. Este tipo de compuesto se caracteriza por su bajo peso y buena resistencia mecánica, por lo que se produce y se utiliza ampliamente en diversos campos de la ingeniería (Diniță et al., 2023).

Las fibras de vidrio se elaboran a partir de las siguientes materias primas: magnesita, sílice, alúmina y cal, las mismas que las del vidrio. Estos materiales se trituran y mezclan hasta obtener una mezcla homogénea, que luego se introduce en el horno de fusión a 1550 °C, donde se funde. Este material se encuentra en estado líquido para luego pasar por cientos de orificios de 1 a 2 mm de diámetro y ser estirado hasta obtener filamentos de 5 a 24 micras (Arista y Trujillo, 2022).

La fibra de vidrio se hilaba fácilmente en fibras de alta resistencia y, cuando se embebe en una matriz polimérica, desarrolla una alta resistencia específica y un buen comportamiento mecánico (Milosan et al., 2025).

2.3.1.1. Porcentaje de adición de fibra de vidrio.

El porcentaje de adición de fibra de vidrio se entiende como la proporción de fibra incorporada a la mezcla respecto al peso seco del suelo, expresada normalmente en porcentaje, con la finalidad de modificar su respuesta físico-mecánica; en estudios de subrasante, esta dosificación suele evaluarse en rangos bajos porque pequeñas variaciones pueden cambiar el CBR, la ductilidad y la respuesta de compactación del suelo reforzado (Patel, 2022).

2.3.2. Comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante

El comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante se refiere al conjunto de respuestas que presenta este material en cuanto a densidad, humedad, rigidez, resistencia y deformación cuando actúa como capa de apoyo del pavimento, y es especialmente sensible a cambios en el contenido de agua y en el estado de compactación, factores que condicionan su módulo resiliente y su desempeño estructural (Rahman et al., 2023).

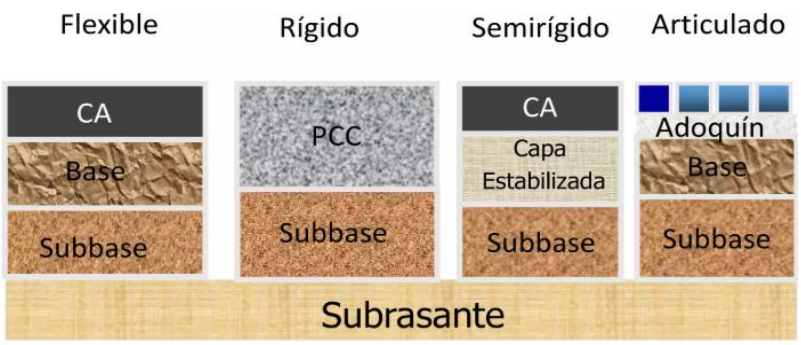
2.3.2.1. Subrasante.

La capa de subrasante corresponde a la superficie del suelo natural en la construcción de caminos y se evalúa hasta una profundidad de 0.45 m. Los elementos fundamentales para el diseño de pavimentos son la capacidad de esta capa para resistir cargas en condiciones operativas, combinada con el volumen de tráfico y con los materiales de la capa superficial por la que circulan los vehículos (Pérez y Rubio, 2022).

La subrasante constituye la base natural que, una vez adecuadamente preparada y compactada, sirve de cimiento para la construcción de un pavimento. Su propósito es ofrecer un soporte consistente y uniforme, evitando fluctuaciones en su capacidad de soporte, con especial atención a la prevención de la expansión del suelo (Marin, 2023).

Figura 5

Capas del pavimento asentado sobre la subrasante



Nota. (Mercado, 2021).

2.3.2.2. Características adecuadas de una subrasante.

El desempeño de la subrasante suele estar condicionado por tres atributos fundamentales, los cuales están estrechamente vinculados entre sí, y son los siguientes: (Marin, 2023)

a) La capacidad de soporte.

La subrasante debe tener la capacidad de soporte necesaria para resistir las cargas transferidas desde la estructura del pavimento. Por lo tanto, la subrasante debe resistir múltiples cargas sin deformarse. Se considerarán adecuados para la capa superior de la subrasante los suelos con CBR igual o superior al 6%. En caso de que el CBR sea inferior, se debe reemplazar el suelo por uno con CBR superior al 6% o estabilizarlo (Pérez y Rubio, 2022).

Tabla 3

Categoría de la subrasante según CBR

	0	1	2	3	4	5
Categoría	Inadecuada	Insuficiente	Regular	Buena	Muy buena	Excelente
CBR	0-3	3-6	6-10	10-20	20-29	Mayor a 30

Nota. (MTC, 2014).

b) Contracción y/o expansión.

Algunos suelos tienen la capacidad de contraerse o expandirse según su plasticidad y el nivel de humedad. Cuando se construye un pavimento sobre estos suelos sin adoptar las precauciones necesarias, es probable que se deformen o se deterioren prematuramente. Para evitar que las deflexiones en la subrasante excedan los límites permitidos, es importante garantizar que la presión ejercida por la carga no supere la capacidad máxima de carga del suelo. Esto requiere considerar el tráfico esperado, las deflexiones máximas previstas y el CBR del material empleado en la mejora (Marin, 2023).

2.3.3. Características de la carretera

Las características de la carretera comprenden el conjunto de atributos físicos, geométricos, funcionales y operativos que describen un tramo vial y permiten interpretar su funcionamiento dentro de la red de transporte, ya que elementos como la geometría, las condiciones de circulación y el entorno de operación influyen en el comportamiento del tránsito y en la respuesta del pavimento (Shokry et al., 2025).

2.3.3.1. Características generales.

Las características generales de la carretera incluyen la ubicación geográfica, entendida como el emplazamiento espacial del tramo; el tiempo de recorrido, es decir, el tiempo necesario para transitarlo; la conectividad (cruces); el espesor de pavimento, es decir, el grosor estructural de las capas que conforman la vía; y las obras de arte, es decir, los elementos complementarios de drenaje o de cruce (Choudhary et al., 2024).

2.3.3.2. Características topográficas.

Las características topográficas comprenden la longitud del tramo, como la distancia entre su inicio y su fin; el ancho, como la dimensión transversal útil de la plataforma o calzada; y la pendiente, como la variación altimétrica del terreno o de la rasante, expresada en porcentaje, parámetros que condicionan el drenaje, la operación vehicular y el comportamiento del suelo de apoyo (Shokry et al., 2025).

2.3.3.3. Características de tránsito vehicular.

Las características del tránsito vehicular incluyen el número de vehículos, entendido como el volumen observado de unidades que circulan por un tramo en un periodo dado; el IMDA, como el tránsito medio diario anual que representa el promedio diario de vehículos a lo largo del año; y el ESAL, como la carga equivalente a un eje simple estándar utilizada para expresar el efecto acumulado del tránsito pesado sobre el pavimento en términos de daño estructural (Selezneva et al., 2022).

2.3.4. Características del suelo

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, compuesta por partículas minerales, material orgánico y agua, y se encuentra en tres fases: sólida, líquida y gaseosa. Es un material compuesto por partículas sólidas, líquidas y gaseosas que interactúan entre sí; además, presenta propiedades físico-mecánicas heterogéneas (Dazzi y Papa, 2022).

2.3.4.1. Clasificación del suelo.

La clasificación AASHTO divide los suelos en siete grupos principales, numerados del 1 al 7 y precedidos por la letra A. Además, cada grupo tiene subdivisiones indicadas por una letra minúscula seguida de un número (a, b) o por un guion seguido de un número. Además, se puede determinar la resistencia relativa de un suelo respecto de otro mediante el Índice de Grupo (IG) (Hernández, 2021).

$$IG = (F_{200} - 35) \times [0.2 + 0.005 \times (LL - 40)] + 0.01 \times (F_{200} - 15) \times (IP - 10) \quad (3)$$

Donde: IG es el índice de grupo, LL es el límite líquido, IP es el índice de plasticidad, F200 es el material que pasa el tamiz n.º 200.

Figura 6

Clasificación AASHTO

DIVISION POR GRANO		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)													
Tamiz	# 10	< o = 50											
	# 40	< o = 30	< o = 50	< o = 51									
	#200	< o = 15	< o = 25	< o = 10	< o = 35	< o = 35	< o = 35	< o = 35	> o = 36	> o = 36	> o = 36	> o = 36	> o = 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)													
Límite líquido				N/A	< o = 40	> o = 41	< o = 40	> o = 41	< o = 40	> o = 41	< o = 40	> 41 (IP < LL-30)	> 41 (IP > LL-30)
Índice de plasticidad		< o = 6			< o = 10	< o = 10	> o = 11	> o = 11	< o = 10	< o = 10	> o = 11	> o = 11	> o = 11
ÍNDICE DE GRUPO		0		0	0		< o = 4		< o = 8	< o = 12	< o = 20	< o = 20	
TIPOLOGÍA		Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD		EXCELENTE A BUENA					ACEPTABLE A MALA						

Nota. (Das, 2015).

2.3.4.2.Propiedades del suelo.

Contenido de humedad. El contenido de humedad es la cantidad de agua presente en el suelo en relación con la masa de sólidos secos y constituye un parámetro básico para interpretar su estado y su comportamiento geotécnico (Yao et al., 2025).

$$W(\%) = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \quad (4)$$

Donde: W% de humedad, masa del agua (Mw), masa seca (Ms).

Granulometría. La granulometría es la distribución de tamaños de las partículas que componen un suelo y se expresa como la proporción relativa de sus fracciones gruesas y finas (Wang et al., 2023).

$$\%\ que\ pasa = 100 - \%RA \quad (5)$$

Donde: porcentaje retenido acumulado (%RA).

Límite líquido. El límite líquido es el contenido de agua a partir del cual un suelo fino pasa del estado plástico al estado líquido (Hasan y Abuel-Naga, 2024).

$$LL = Wn\left(\frac{N}{25}\right)^{tan\beta} \quad (6)$$

Donde: LL = límite líquido, W = humedad, N = número de golpes, tan β = 0.121.

Límite plástico. El límite plástico es el contenido de agua en el que un suelo fino deja de comportarse plásticamente y comienza a desmoronarse al moldearlo (O'Kelly, 2024).

Índice de plasticidad. El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico y expresa el rango de humedad en el que el suelo presenta comportamiento plástico (O'Kelly, 2024).

$$Indice\ de\ Plasticidad\ (IP) = LL - LP \quad (7)$$

Compactación del suelo. La compactación es el proceso mediante el cual se reduce el volumen de vacíos del suelo por acción mecánica, lo que incrementa la proximidad entre las partículas y mejora su estabilidad (Manaviparast et al., 2025).

$$D_s = \frac{D_h}{\frac{1+w\%}{100}} \quad (8)$$

Donde: Ds = densidad seca; Dh = densidad húmeda; W% = porcentaje de humedad.

Óptimo contenido de humedad. El contenido óptimo de humedad es la cantidad de agua con la que un suelo alcanza su máxima eficiencia de compactación para una energía dada (Manaviparast et al., 2025).

Máxima densidad seca. La máxima densidad seca es el mayor valor de densidad que puede alcanzar un suelo compactado en condiciones secas bajo una energía de compactación determinada (Manaviparast et al., 2025).

Capacidad de soporte (CBR). La capacidad de soporte mediante CBR es un indicador de la resistencia del suelo a la penetración y se utiliza para evaluar su aptitud como subrasante en pavimentos (Pule y Yendaw, 2024).

$$CBR = \frac{P\prime}{Ps} \times 100 \quad (9)$$

Donde: carga unitaria (P'), carga unitaria patrón (Ps).

2.3.5. Propiedades físicas derivadas de la compactación del suelo.

La compactación del suelo es un proceso mecánico en el que se reduce el volumen de vacíos mediante la aplicación de energía externa, con el fin de incrementar la densidad seca y mejorar la capacidad de soporte del material (Wang et al., 2025).

Máxima densidad seca (MDS). La máxima densidad seca es el mayor peso unitario seco que puede alcanzar un suelo para una energía de compactación dada y representa el nivel máximo de densificación de la matriz sólida una vez descontado el efecto del agua contenida en la muestra (Khatti y Grover, 2023).

Óptimo contenido de humedad (OCH). El contenido de humedad óptimo es la cantidad de agua con la que el suelo alcanza su máxima densidad seca bajo una energía de compactación determinada, por lo que expresa la condición de humedad más eficiente para lograr el mejor acomodo posible de las partículas (Khatti y Grover, 2023).

2.3.6. Propiedades mecánicas del suelo

Las propiedades mecánicas del suelo son las características que determinan su comportamiento ante cargas, ya sea por el peso propio, el tránsito vehicular o las acciones sísmicas (Taha et al., 2019).

2.3.6.1. Capacidad de soporte (CBR).

La capacidad de soporte del suelo, expresada mediante el índice CBR (California Bearing Ratio), representa la resistencia del material a la penetración bajo condiciones controladas y constituye un parámetro esencial en el diseño de pavimentos. Este índice se utiliza para evaluar la aptitud del suelo como subrasante y para estimar el espesor requerido de las capas estructurales del pavimento (Elhassasn et al., 2025).

$$CBR = \frac{P\prime}{Ps} \times 100 \quad (10)$$

Donde: carga unitaria (P'), carga unitaria patrón (Ps).

CBR al 95% de MDS. Es la capacidad de soporte medida en una muestra compactada hasta alcanzar el 95% de su MDS y se utiliza con fines de control (Rahman et al., 2023).

CBR al 100% de MDS. Es la capacidad de soporte determinada en una muestra compactada hasta alcanzar el total de su MDS de laboratorio, lo que representa la respuesta mecánica del suelo en su condición de máxima densificación bajo la energía de compactación aplicada (Rahman et al., 2023).

Módulo de reacción de la subrasante. El módulo de reacción de la subrasante es un parámetro de rigidez que expresa la relación entre la presión aplicada y la deflexión en la superficie de apoyo del suelo (Rushing et al., 2025).

Conocido también con el nombre de coeficiente de balasto, expresa la resistencia del suelo de la subrasante al ser penetrado por el efecto de las losas y se determina por medio de las siguientes ecuaciones: (Guzmán y Patiño, 2018)

Si CBR ≤ 10, $K = 2.55 + 52.5 \times \log(CBR)$ (11)

Si CBR > 10, $K = 46 + 9.08 \times (\log(CBR))^{4.34}$ (12)

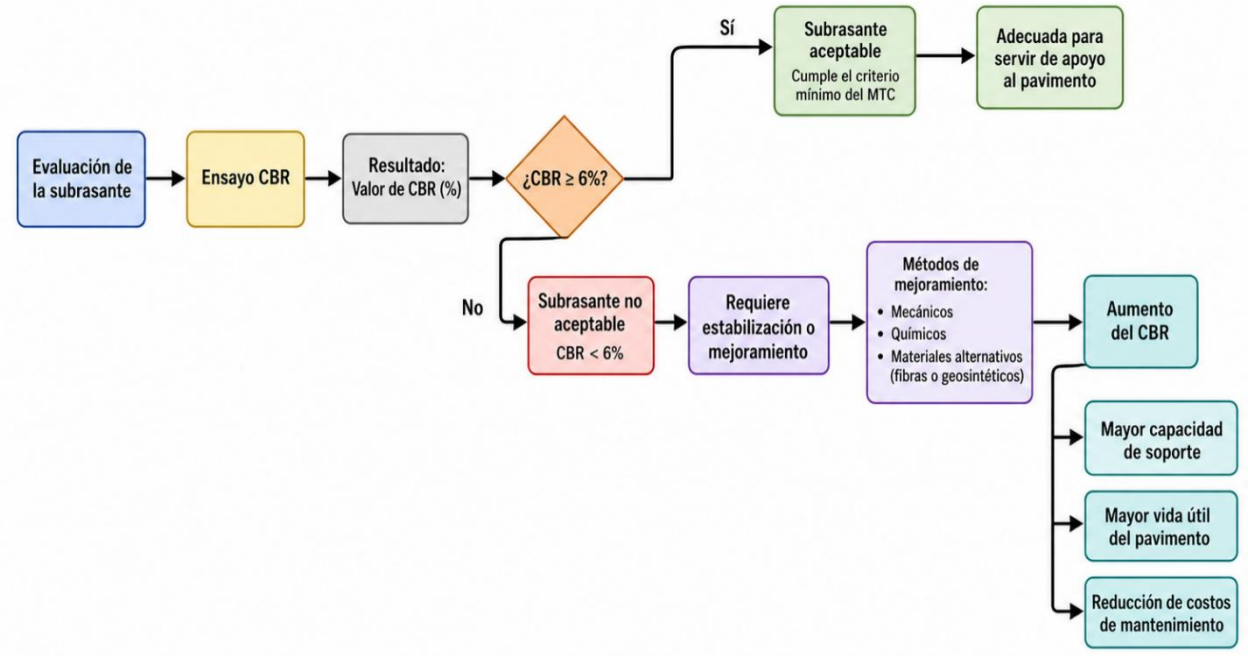
Donde: K es el módulo de reacción de la subrasante; CBR es la capacidad de soporte del suelo.

2.3.6.2. Criterios de evaluación de subrasantes estabilizadas

Según el Manual de Carreteras del MTC (2014), un suelo de subrasante debe presentar un CBR mínimo de 6% para considerarse aceptable. Si el valor es inferior, el suelo deberá estabilizarse o mejorarse mediante métodos mecánicos o químicos, o mediante materiales alternativos, como fibras o geosintéticos. En suelos estabilizados, un incremento significativo del CBR indica una mejora de la capacidad de soporte, lo que se traduce en una mayor vida útil del pavimento y una reducción de los costos de mantenimiento.

Figura 7

Criterios de evaluación de subrasantes estabilizadas



Nota. Adaptado del MTC (2014).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

La investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, centrada en la recolección y el análisis de datos numéricos obtenidos mediante ensayos de laboratorio, con el fin de medir el comportamiento del suelo antes y después de la incorporación de fibra de vidrio. En este enfoque, la medición de variables permite identificar patrones y relaciones entre los fenómenos estudiados (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

La investigación fue de tipo aplicado, ya que estuvo orientada a la solución de un problema práctico vinculado al mejoramiento del suelo de subrasante en infraestructura vial. Este tipo de investigación utiliza conocimientos existentes para abordar situaciones concretas y generar resultados de utilidad técnica (Tamayo, 2007).

Respecto al nivel de investigación, fue explicativo, ya que buscó determinar cómo la adición de fibra de vidrio influye en las propiedades físico-mecánicas del suelo de subrasante, identificando una relación de causa y efecto entre la variable independiente y la dependiente. La investigación explicativa se orienta precisamente a comprender las causas de un fenómeno y las relaciones entre variables (Morales, 2012).

En relación con el diseño de investigación, el estudio fue experimental de laboratorio, ya que se manipuló deliberadamente la proporción de fibra de vidrio incorporada al suelo de subrasante, con el propósito de evaluar su efecto sobre las propiedades físico-mecánicas del material. El diseño correspondió a un arreglo experimental unifactorial con bloques por calicata, donde el factor experimental fue el porcentaje de fibra de vidrio y los bloques estuvieron conformados por las tres calicatas evaluadas: CA-01, CA-02 y CA-03 (Cabrera-Tenecela, 2023).

El factor experimental presentó cuatro niveles: 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio respecto al peso seco del suelo. El nivel de 0% correspondió al grupo de

control o suelo natural, mientras que los niveles de 0.5%, 1.0% y 1.5% correspondieron a los tratamientos de suelo reforzado. Las variables de respuesta fueron la máxima densidad seca (MDS), el contenido de humedad óptimo (OCH), el CBR al 95% de la MDS y el CBR al 100% de la MDS. De esta manera, el diseño permitió comparar el comportamiento del suelo natural con el del suelo tratado y determinar la dosificación que presentó la mejor respuesta físico-mecánica en cada calicata.

Tabla 4

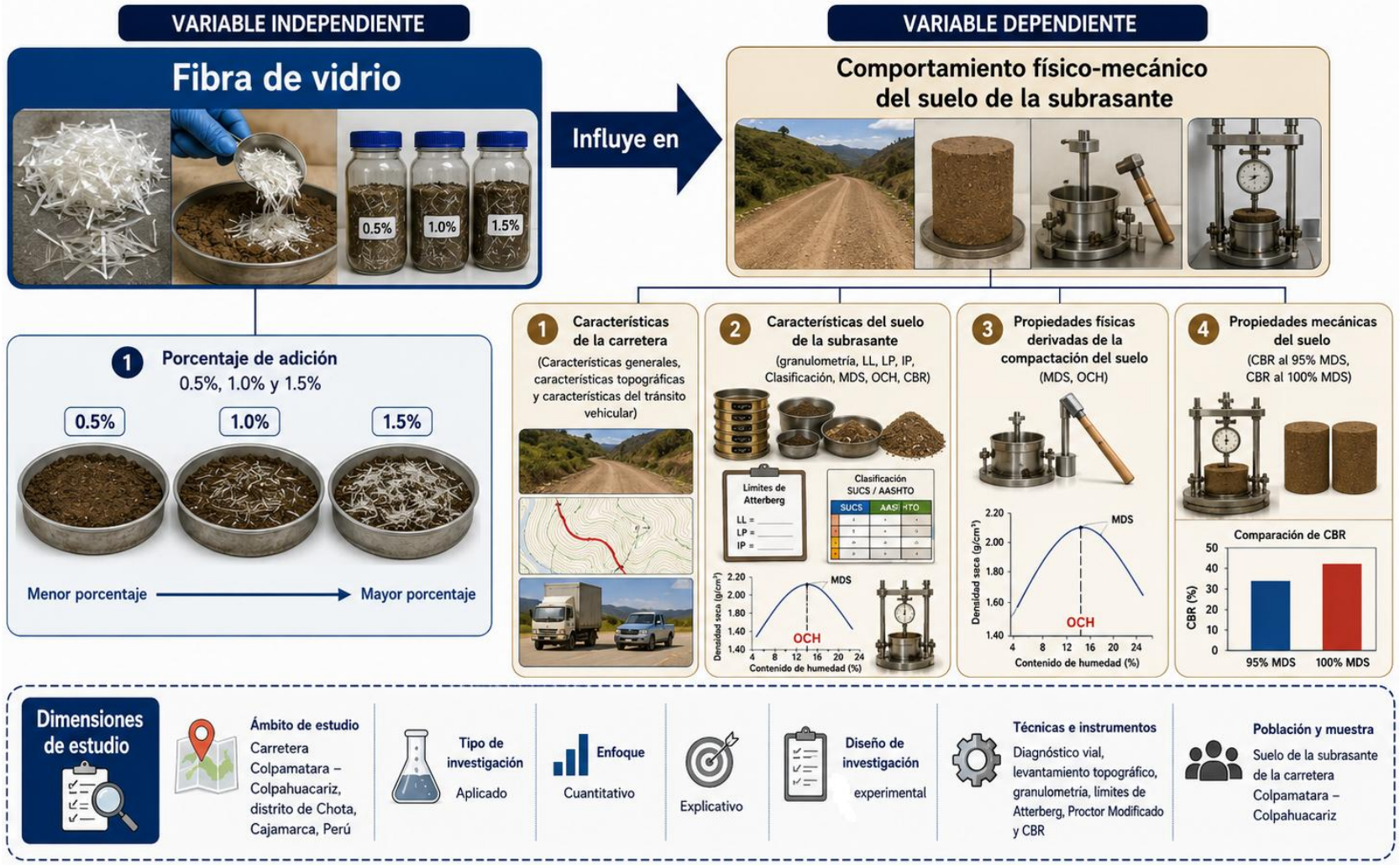
Arreglo experimental de la investigación

Bloque	Procedencia del suelo	Tratamiento control	Tratamientos con fibra de vidrio	Variables de respuesta
CA-01	Inicio del tramo	0%	0.5%, 1.0% y 1.5%	MDS, OCH, CBR al 95% y CBR al 100%
CA-02	Parte intermedia del tramo	0%	0.5%, 1.0% y 1.5%	MDS, OCH, CBR al 95% y CBR al 100%
CA-03	Final del tramo	0%	0.5%, 1.0% y 1.5%	MDS, OCH, CBR al 95% y CBR al 100%

Nota. El tratamiento de 0% corresponde al suelo natural, mientras que los de 0.5%, 1.0% y 1.5% corresponden al suelo modificado con fibra de vidrio, en función del peso seco del suelo.

Figura 8

Diseño de investigación



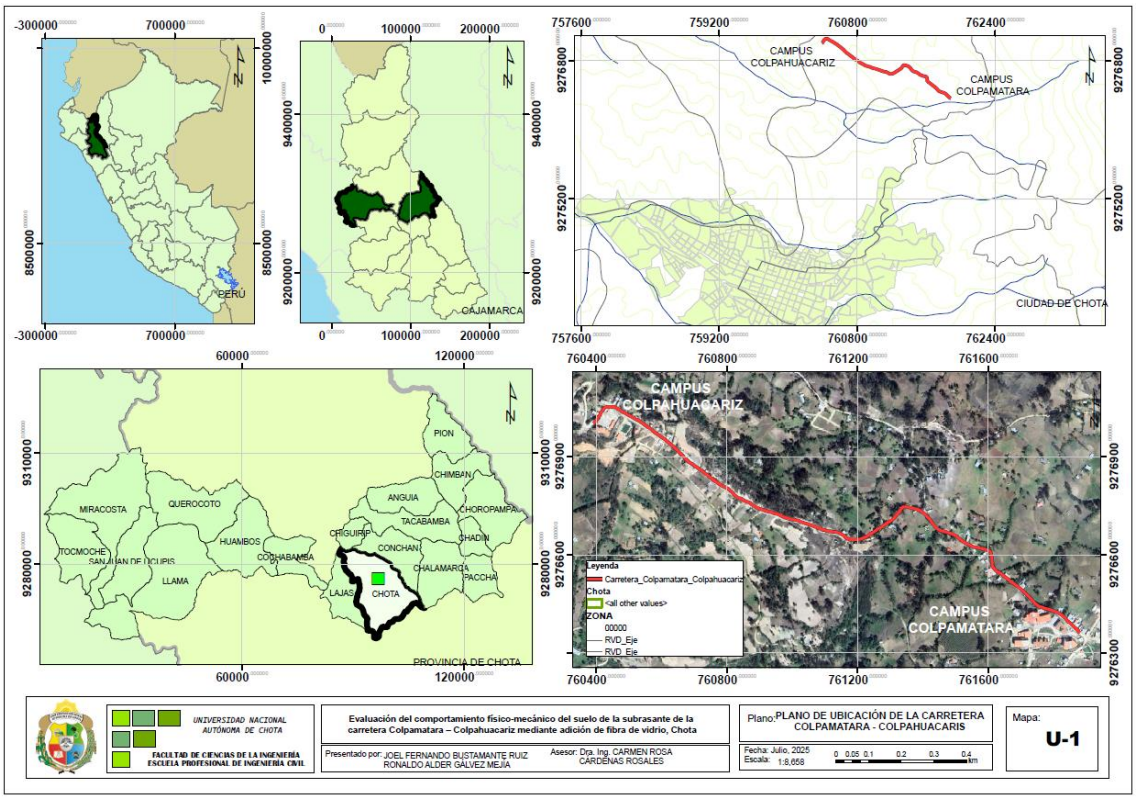
3.2. Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, ubicada en la provincia de Chota, departamento de Cajamarca. El tramo evaluado tuvo una longitud aproximada de 1.86 km y se localizó entre el campus Colpamatara y el campus Colpahuacariz de la Universidad Nacional Autónoma de Chota. Geográficamente, el área de estudio se emplazó en una zona andina de topografía accidentada, propia del distrito y provincia de Chota, región Cajamarca, donde las condiciones climáticas y geomorfológicas influyen de manera directa en el comportamiento de la subrasante y en el deterioro progresivo de la vía. La carretera era de tercera clase y constituía un eje de conexión importante para la movilidad local, tanto universitaria como rural.

Figura 9

Mapa de ubicación de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota



3.2.2. Población

La población de estudio estuvo conformada por el conjunto de suelos naturales que constituyeron la capa de subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, en la provincia de Chota, departamento de Cajamarca. Para fines de la investigación, esta población se delimitó como el volumen de suelo comprendido a lo largo del eje vial del tramo en estudio, con una longitud aproximada de 1.86 km y un espesor de análisis de 0.45 m, conforme al criterio técnico establecido en el *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos* del MTC (2014).

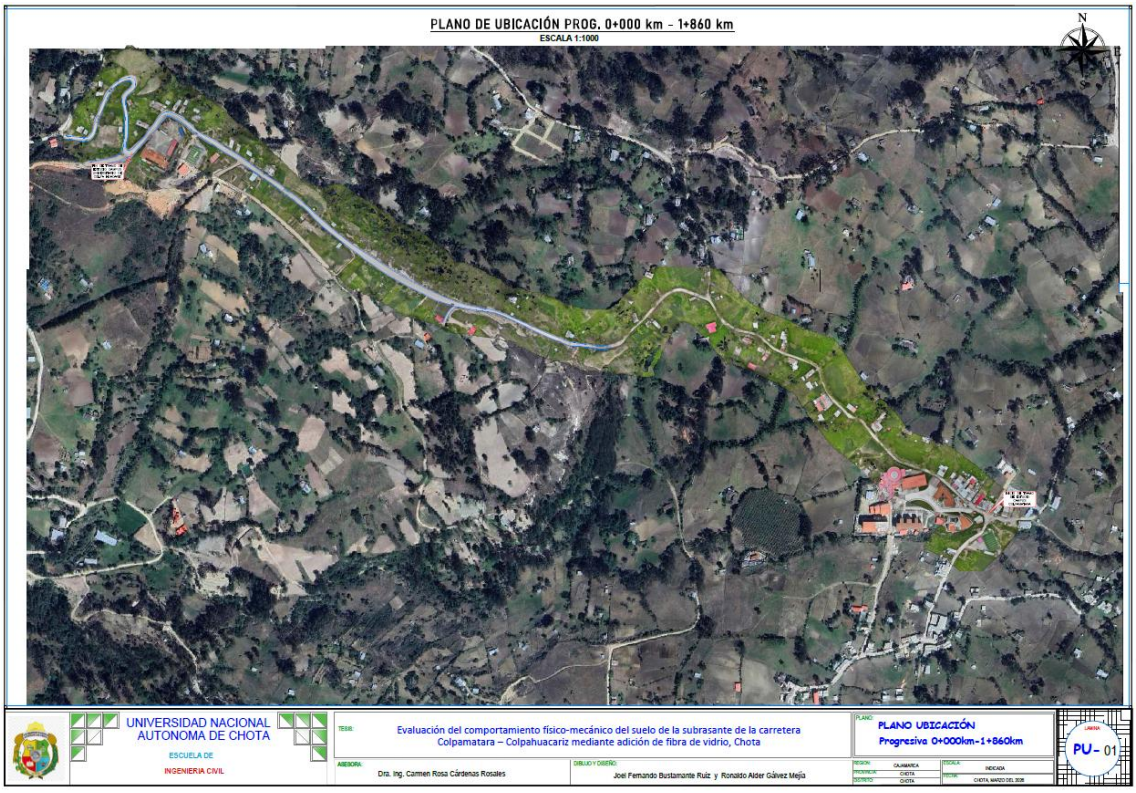
Tabla 5

Coordenadas de ubicación de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota

Punto	Lugar	Este (m)	Norte (m)
Inicio	Campus Colpamatara	761897.70	9276348.00
Fin	Campus Colpahuacariz	760380.06	9276991.20

Figura 10

Carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota



3.2.3. Muestreo

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, ya que la selección de los puntos de extracción de suelo se realizó de manera intencional, considerando criterios técnicos, operativos y de representatividad del tramo vial en estudio. Para ello, se tomó como referencia el *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos* del MTC (2014), específicamente el cuadro relativo al número de ensayos MR y CBR, en el que se establece que, para carreteras de tercera clase, corresponde una calicata cada 2 km de vía. No obstante, debido a la variabilidad visible del terreno, la presencia de fallas superficiales y el interés de lograr una mejor representación del tramo de 1.86 km, se ejecutaron tres calicatas distribuidas estratégicamente al inicio, en el punto intermedio y al final de la carretera evaluada.

a) Criterios de inclusión para el muestreo de calicatas

Se incluyeron únicamente puntos ubicados dentro del eje vial de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, con la finalidad de que las muestras obtenidas fueran representativas del suelo que conformó la subrasante real del tramo en estudio. Asimismo, se seleccionaron puntos con distribución longitudinal homogénea, ubicados aproximadamente en los km 0+100, 0+900 y 1+700, con el propósito de cubrir de manera uniforme la extensión de la vía. De igual manera, se consideraron sectores con accesibilidad técnica y operativa que permitieron el ingreso del personal, el uso de herramientas de excavación y la ejecución segura del trabajo de campo. También se priorizaron zonas con representatividad del terreno natural, es decir, sin evidencia de rellenos artificiales, mejoramientos recientes o intervenciones locales que alteraran el comportamiento original del suelo. Finalmente, se dio preferencia a sectores donde se observaron manifestaciones de deterioro superficial, como baches o hundimientos,

debido a su posible relación con deficiencias en la capacidad de soporte de la subrasante.

Tabla 6

Criterios de inclusión para el muestreo de calicatas

Criterio	Descripción
Ubicación dentro del tramo vial	Las calicatas se ubicaron exclusivamente a lo largo del eje vial Colpamatara–Colpahuacariz.
Distribución homogénea	Se seleccionaron puntos al inicio, en la parte intermedia y al final del tramo para cubrir uniformemente la vía.
Accesibilidad técnica y operativa	Se eligieron zonas con condiciones adecuadas para la excavación, el acceso de personal y el uso de herramientas.
Representatividad del terreno natural	Se priorizaron sectores sin rellenos artificiales ni intervenciones recientes.
Presencia de deterioros visibles	Se consideraron zonas con baches, surcos, hundimientos o sectores de lodo.

b) Criterios de exclusión para el muestreo de calicatas

Se excluyeron sectores con interferencias estructurales o de servicios, áreas con suelos alterados artificialmente, así como zonas con restricciones operativas o de seguridad que impidieran una extracción representativa y segura del material.

Tabla 7

Criterios de exclusión para el muestreo de calicatas

Criterio	Descripción
Interferencias estructurales o servicios	Se descartaron las zonas con tuberías, postes, canales, cunetas o redes de servicios.
Material de préstamo o rellenos	Se excluyeron las áreas con nivelaciones, rellenos o mejoramientos locales previos.
Alta interferencia con el tránsito o uso público	No se excavó en intersecciones críticas, en accesos inmediatos ni en sectores de elevada exposición pública.

3.2.4. Unidad de muestreo

La unidad de muestreo estuvo constituida por cada calicata excavada en el tramo de estudio de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz. En total, se consideraron tres unidades de muestreo, ubicadas estratégicamente al inicio, en la parte intermedia y al final de la vía, con el fin de representar la variabilidad espacial del suelo.

3.2.5. Muestra

La muestra estuvo conformada por el suelo de subrasante extraído de tres calicatas ubicadas en puntos representativos de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz: CA-01, CA-02 y CA-03. Cada calicata proporcionó material suficiente para realizar los ensayos de caracterización en estado natural y los de compactación y CBR, tanto en estado natural como con la incorporación de fibra de vidrio. Para los ensayos mecánicos, cada muestra fue dividida y acondicionada en cuatro tratamientos: 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio respecto al peso seco del suelo.

Tabla 8

Coordenadas UTM WGS84 17S para la ubicación de las calicatas en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota

Punto	Calicata	Este (m)	Norte (m)
Inicio	CA-01	761721.71	9276465.55
Intermedio	CA-02	761088.44	9276677.84
Fin	CA-03	760460.50	9277047.94

3.2.6. Justificación técnica de las dosificaciones de fibra de vidrio

Las dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio fueron seleccionadas según criterios técnicos, experimentales y comparativos. En primer lugar, estos porcentajes representan un rango bajo y uno intermedio de adición respecto al peso seco del suelo, lo que permite evaluar el efecto progresivo de la fibra sin alterar en exceso la estructura natural del material. Además, el uso de porcentajes reducidos favorece una mezcla más homogénea, reduce el riesgo de aglomeración de fibras y permite mantener condiciones adecuadas de compactación durante los ensayos.

En segundo lugar, la selección de dichos porcentajes se sustentó en los antecedentes revisados, donde se observa que las dosificaciones óptimas de fibra de vidrio y fibras sintéticas en suelos de subrasante suelen ubicarse dentro de rangos bajos,

principalmente entre 0.6% y 1.5%, dependiendo de la clasificación del suelo, su contenido de finos, plasticidad y capacidad inicial de soporte. Por ello, se adoptó 0.5% como dosificación baja, 1.0% como dosificación intermedia y 1.5% como dosificación alta, dentro del rango técnicamente frecuente para el refuerzo fibroso de suelos. Esta gradación permitió analizar si el incremento de la fibra generaba una mejora continua del comportamiento físico-mecánico o si existía una dosificación óptima a partir de la cual el beneficio se estabilizaba o disminuía.

Tabla 9

Justificación técnica de las dosificaciones evaluadas

Dosificación	Criterio técnico	Finalidad dentro del diseño experimental
0%	Corresponde al suelo natural sin adición de fibra de vidrio.	Funciona como grupo de control para comparar la variación en MDS, OCH y CBR.
0.5%	Representa una baja dosificación de fibra en relación con el peso seco del suelo.	Permite evaluar si pequeñas cantidades de fibra generan una mejora inicial en la compactación y en la capacidad de soporte.
1.0%	Representa una dosificación intermedia, frecuente en los antecedentes de refuerzo fibroso.	Permite identificar una posible dosificación óptima sin generar un exceso de fibra en la matriz del suelo.
1.5%	Representa una dosificación alta dentro del rango bajo-intermedio de refuerzo con fibra.	Permite verificar si el incremento de la fibra continúa mejorando el CBR o si se produce estabilización o una reducción del desempeño.

3.2.7. Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por la mezcla de suelo de subrasante preparada en el laboratorio para cada calicata y cada dosificación de fibra de vidrio. En ese sentido, se consideraron 12 unidades experimentales para los ensayos de Proctor modificado y CBR, resultantes de combinar tres calicatas con cuatro niveles de fibra. Esta organización permitió comparar la respuesta del suelo natural y del suelo reforzado, así como identificar la dosificación con mejor desempeño en función de la MDS, OCH y CBR.

Para precisar el control experimental de la investigación, se estableció que cada calicata constituyó un bloque de análisis y cada mezcla suelo-fibra constituyó una unidad experimental de laboratorio. En total, se trabajó con tres calicatas y cuatro condiciones de mezcla por calicata: suelo natural, suelo con 0.5% de fibra de vidrio, suelo con 1.0% de fibra de vidrio y suelo con 1.5% de fibra de vidrio. Por tanto, para los ensayos de compactación y CBR se evaluaron 12 combinaciones experimentales.

Los ensayos de caracterización física del suelo se realizaron únicamente en el suelo natural de cada calicata, ya que su finalidad fue clasificar el material de subrasante y determinar sus propiedades iniciales. En cambio, los ensayos de Proctor modificado y CBR se realizaron tanto en el suelo natural como en las mezclas con fibra de vidrio, ya que permitieron medir directamente el efecto de la adición de fibra sobre la MDS, el OCH y la capacidad de soporte.

Tabla 10

Número de repeticiones o determinaciones por ensayo de laboratorio

Ensayo de laboratorio	Condición evaluada	Número de calicatas	Tratamientos por calicata	Repeticiones o determinaciones por tratamiento	Total de determinaciones
Contenido de humedad	Suelo natural	3	1	4 taras por calicata	12
Análisis granulométrico	Suelo natural	3	1	1 determinación por calicata	3
Límites de Atterberg	Suelo natural	3	1	3 puntos para límite líquido y 2 determinaciones para límite plástico	15 determinaciones internas
Clasificación SUCS y AASHTO	Suelo natural	3	1	1 clasificación por calicata	3
Proctor modificado	Suelo natural y suelo con fibra	3	4	4 puntos de compactación por tratamiento	48 puntos de compactación
CBR de laboratorio	Suelo natural y suelo con fibra	3	4	3 moldes por tratamiento: 56, 25 y 12 golpes por capa	36 moldes de CBR

Nota. En los ensayos de Proctor modificado y CBR, los tratamientos correspondieron a 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio. Las determinaciones internas se realizaron de acuerdo con el procedimiento propio de cada ensayo, con la finalidad de obtener los parámetros finales de MDS, OCH, CBR al 95% de MDS y CBR al 100% de MDS.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

Observación. Se empleó para recopilar información directa de campo sobre las condiciones de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz. Mediante esta técnica se realizó el inventario vial, registrando datos generales de la vía, características topográficas obtenidas mediante levantamiento topográfico, manifestaciones visibles de deterioro superficial, así como la ubicación de los cruces, la señalización y las obras de arte existentes en el tramo en estudio.

Ensayos de laboratorio. Permitieron determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante, tanto en estado natural como con la incorporación de fibra de vidrio. A través de esta técnica se realizaron pruebas de contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR de laboratorio en suelo natural, y únicamente Proctor modificado y CBR en suelo con incorporación de fibra de vidrio, con la finalidad de evaluar la variación de parámetros como la máxima densidad seca, el contenido óptimo de humedad y la capacidad de soporte del suelo tratado. Todos los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil (EPIC) de la Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH).

3.3.2. Instrumentos de recolección de datos

Formatos de inventario vial. Los formatos de inventario vial se utilizaron para registrar de manera ordenada la información obtenida en campo sobre las características generales de la carretera, las condiciones topográficas del tramo, los elementos de señalización, las obras de arte y las manifestaciones de deterioro observadas en la superficie de rodadura.

Formatos de laboratorio. Los formatos de laboratorio se emplearon para registrar los resultados de ensayos realizados en muestras de suelo natural y en muestras mejoradas con fibra de vidrio. Estos formatos permitieron organizar la información relativa a las propiedades físicas y mecánicas evaluadas, tales como el contenido de humedad, la granulometría, el límite líquido, el límite plástico, la máxima densidad seca, el contenido de humedad óptimo y el CBR. Para ello, se utilizaron los formatos estandarizados proporcionados por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la EPIC–UNACH, correspondientes a los siguientes ensayos:

- Formato de perfil estratigráfico
- Formato de ensayo de contenido de humedad del suelo de acuerdo con la NTP 339.127
- Formato de ensayo de análisis granulométrico por tamizado del suelo de acuerdo con la NTP 339.128
- Formato de límites de Atterberg del suelo (límite líquido y límite plástico) de acuerdo con la NTP 339.129
- Formato de ensayo de Proctor modificado (para obtener la MDS y OCH) de acuerdo con la NTP 339.141
- Formato de ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de acuerdo con la NTP 339.141

3.4. Hipótesis

La incorporación de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% modificó el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, lo que se reflejó en variaciones de la máxima densidad seca (MDS), del contenido de humedad óptimo (OCH) y de la capacidad de soporte (CBR) respecto del suelo natural.

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variable independiente: fibra de vidrio

La fibra de vidrio es un material compuesto por filamentos de vidrio extremadamente finos, caracterizado por su alta resistencia a la tracción, su durabilidad y su ligereza. Se utiliza en diversas aplicaciones industriales y de construcción debido a su capacidad para mejorar las propiedades mecánicas de los materiales con los que se mezcla (Arista y Trujillo, 2022). En esta investigación, la fibra de vidrio se incorporará al suelo en diferentes porcentajes (% en peso seco del suelo) para evaluar su influencia en la estabilización de la subrasante. Se medirán sus efectos en ensayos de compactación y de capacidad de soporte (CBR).

3.5.2. Variable dependiente: Comportamiento físico mecánico del suelo de la subrasante

El comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante se refiere al conjunto de propiedades físicas derivadas de la compactación (como la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad) y mecánicas (como la capacidad de soporte, CBR), que determinan cómo responde el suelo ante cargas estáticas o dinámicas en una estructura vial. Estas propiedades influyen directamente en la estabilidad, la resistencia y la funcionalidad del pavimento y son determinantes para el diseño y el mantenimiento de las carreteras (Burga, 2023).

3.5.3. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 11

Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Definición operacional	Indicadores	Subindicadores	Unidad de medida
VI Fibra de vidrio	Material compuesto por filamentos de vidrio extremadamente finos, caracterizado por su alta resistencia a la tracción, su durabilidad y su ligereza (Arista y Trujillo, 2022).	Porcentaje de adición	Proporción de fibra de vidrio incorporada al suelo, expresada en porcentaje respecto al peso seco del suelo, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas (Arista y Trujillo, 2022).	0.5		%
				1		%
				1.5		%
VD Comportamiento físico mecánico del suelo de la subrasante	Se refieren a las características físicas y de resistencia que determinan su comportamiento bajo cargas y esfuerzos. En la ingeniería vial, es fundamental evaluar la estabilidad y la capacidad de soporte de la subrasante, lo que garantiza el adecuado desempeño del pavimento (Burga, 2023).	Características de la carretera	Comprenden el conjunto de condiciones físicas, funcionales y estructurales que describen su diseño, su estado actual y su función en el sistema vial (Burga, 2023).	Características generales	Ubicación geográfica	m
					Tiempo de recorrido	Minutos
					Conectividad (cruces)	
					Espesor de pavimento	cm
					Obras de arte	m
				Características topográficas	Longitud	km
					Ancho	m
					Pendiente	%
				Características de tránsito vehicular	Número de vehículos	
					IMDA	veh/día
					ESAL	Ejes equivalentes
		Características del suelo de la subrasante	Conjunto de propiedades naturales e índices geotécnicos del suelo que permiten identificar su composición, clasificación y condición como material de soporte del pavimento (Burga, 2023)	Clasificación del suelo	SUCS	%
					AASHTO	%
				Propiedades del suelo	Humedad natural	%
					Granulometría	%
					LL	%
					LP	
					IP	
					MDS	g/cm^3
					OCH	%
					CBR	%
		Propiedades físicas derivadas de la compactación del suelo	Parámetros que describen el estado de densificación y de humedad alcanzado por el suelo durante el proceso de compactación (Burga, 2023).	Parámetros de compactación (Proctor modificado)	MDS	g/cm^3
					OCH	%
		Propiedades mecánicas del suelo	Propiedades que expresan la capacidad del suelo para resistir cargas, deformaciones y esfuerzos cuando actúa como subrasante (Burga, 2023).	CBR	al 95% MDS	%
					al 100% MDS	%
				Aplicación como subrasante	Módulo de reacción de la subrasante	MPa

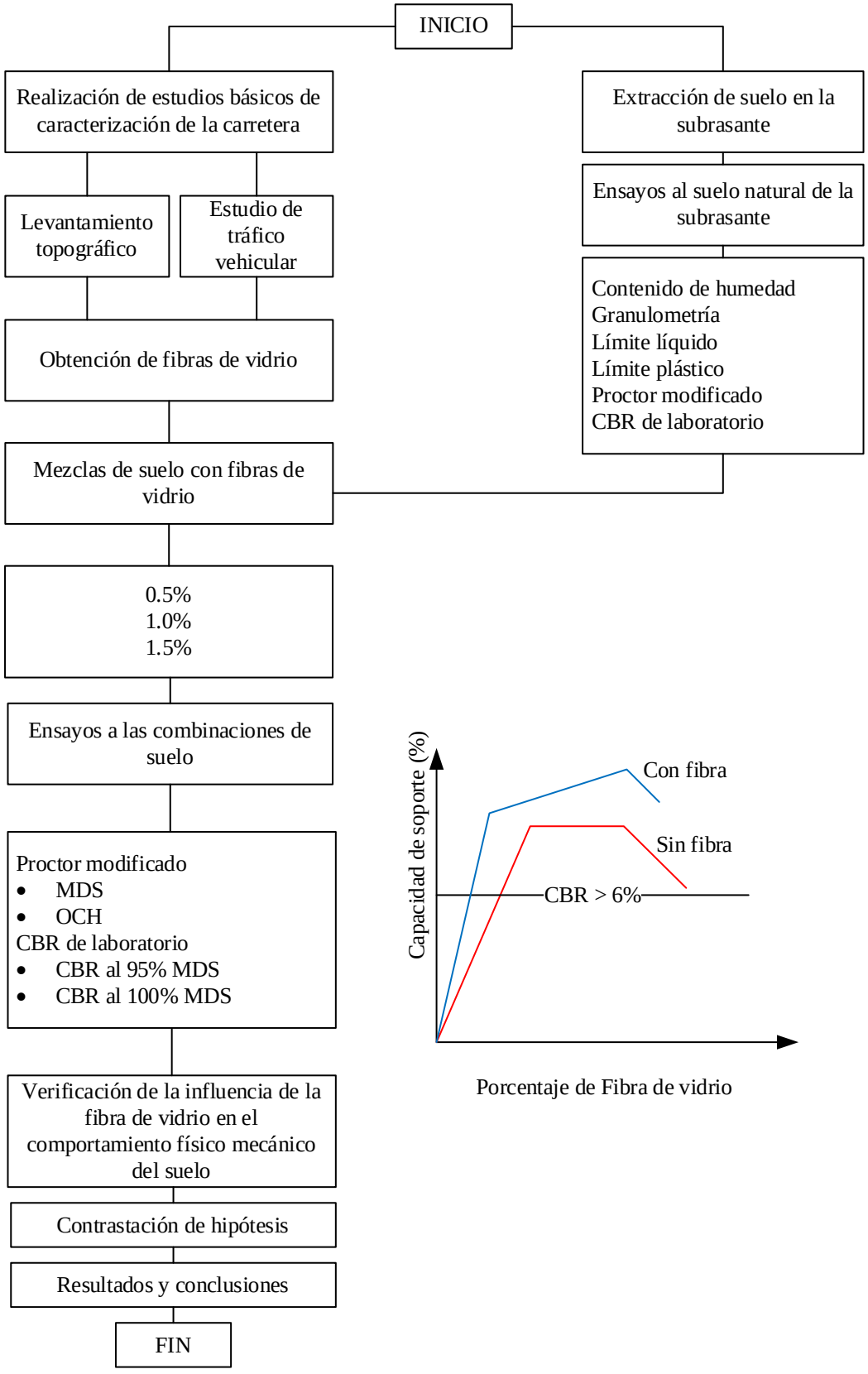
3.6. Procedimientos de recolección de datos

El procedimiento de recolección de datos se inició con el levantamiento topográfico de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz mediante GPS diferencial y dron fotogramétrico, lo que permitió generar el modelo digital del terreno y el plano topográfico del tramo. Luego, se desarrolló el inventario vial, registrando datos generales y topográficos de la vía, así como los daños en la superficie de rodadura. Para ello, se dividió el tramo en secciones de 500 m y se realizó un recorrido longitudinal con observación directa, medición y registro fotográfico. Asimismo, se efectuó el estudio de tráfico mediante conteo vehicular manual en una estación ubicada en el campus Colpamatara, diferenciando el tránsito general hacia dicho campus y el tránsito que continuaba hasta Colpahuacariz, durante siete días consecutivos. Finalmente, se adquirió comercialmente la fibra de vidrio, la cual fue trasladada a Chota, almacenada y dosificada en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo.

Posteriormente, se excavaron tres calicatas representativas con retroexcavadora, hasta alcanzar aproximadamente 1.50 m de profundidad o el estrato correspondiente a la subrasante, extrayéndose muestras para su análisis en laboratorio. En el suelo natural se realizaron los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, a fin de determinar su clasificación, sus parámetros de compactación y su capacidad de soporte. Luego, para evaluar el efecto de la fibra de vidrio, se prepararon mezclas de suelo con dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%, sobre las cuales se repitieron los ensayos de Proctor modificado y CBR. De esta manera, el procedimiento permitió comparar el comportamiento físico-mecánico del suelo natural con el del suelo mejorado, estableciendo la influencia de la fibra de vidrio sobre la máxima densidad seca, el contenido de humedad óptimo y la capacidad de soporte de la subrasante.

Figura 11

Procedimientos de recolección de datos



3.6.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó en la carretera Colpamatara–Colpahuacariz para obtener la configuración planimétrica del tramo. Previamente, se efectuó el reconocimiento del área para verificar las condiciones de accesibilidad, visibilidad, seguridad operativa y cobertura del tramo para la instalación de los equipos.

En una primera etapa, se estableció un punto base mediante GPS diferencial, instalando el receptor GNSS sobre un trípode en un lugar estable, libre de obstrucciones y con una recepción satelital adecuada. Luego, se configuró el sistema de referencia y se verificó la comunicación entre la base y el receptor móvil (rover). A partir de ello, se establecieron puntos de control distribuidos a lo largo del tramo vial, que sirvieron para georreferenciar y ajustar el levantamiento fotogramétrico.

Posteriormente, se realizó el levantamiento de puntos representativos del eje vial, de los bordes de la calzada, de los cambios de pendiente, de las cunetas y de otros detalles relevantes del tramo mediante GPS diferencial. De manera complementaria, se realizó el levantamiento fotogramétrico con dron, para lo cual se planificó previamente la misión de vuelo en función de la longitud del tramo, la altura de operación y el traslape de imágenes. Antes del despegue, se revisaron el estado operativo del dron, el control remoto, las baterías, la cámara, la señal satelital y los parámetros de navegación, a fin de asegurar las condiciones técnicas adecuadas para la captura de imágenes.

Finalmente, se efectuó el vuelo fotogramétrico sobre el tramo de la carretera, obteniéndose imágenes aéreas superpuestas de manera sistemática que cubren la totalidad del sector en estudio. Luego, los datos obtenidos con GPS diferencial y las imágenes captadas por el dron fueron descargados, organizados y procesados en Civil 3D, lo que permitió generar el modelo digital del terreno y el plano topográfico de la carretera.

Figura 12

Levantamiento topográfico con dron fotogramétrico sobre el tramo de la carretera





Figura 13

Levantamiento topográfico con GPS diferencial sobre el tramo de la carretera





3.6.2. Inventario vial

El inventario vial se realizó en la carretera Colpamatara–Colpahuacariz con el fin de identificar y registrar las características del tramo. Para ello, se delimitó previamente el tramo de estudio y se organizó el trabajo de campo, definiendo el recorrido, los formatos de registro y las actividades de observación, medición y documentación fotográfica.

a) Registro de datos generales y topográficos de la vía.

De acuerdo con la meta 40 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016) se dividió la vía de estudio en tramos de 500 m para su registro de datos generales, datos topográficos, daños en la superficie de rodadura y obras de arte.

Tabla 12

División de tramos de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz para el registro de las características de la vía

Tramos	Km	Coordenadas UTM WGS 17S	
		Inicio	Fin
1	km 0+000 – km 0+500	761897.70, 9276348.00	761516.06, 9276646.02
2	km 0+500 – km 1+000	761516.06, 9276646.02	761096.78, 9276677.16
3	km 1+000 – km 1+500	761096.78, 9276677.16	760664.17, 9276913.27
4	km 1+500 – km 1+850	760664.17, 9276913.27	760380.06, 9276991.20

Posteriormente, se efectuó el recorrido longitudinal del tramo, desde el punto inicial hasta el final de la carretera, observando directamente las condiciones físicas de la vía. Durante este proceso se registraron los datos generales del tramo, tales como las progresivas, el tipo de superficie, el ancho aproximado, las características del entorno vial y otros aspectos necesarios para la descripción de la carretera. Asimismo, se identificaron los elementos de drenaje presentes en la vía y se verificó, principalmente, la ausencia de cunetas no revestidas en algunos sectores del tramo evaluado.

Figura 14

Recorrido de la carretera de estudio para inventario vial: campus Colpahuacariz



Figura 15

Recorrido de la carretera de estudio para inventario vial: campus Colpamatara



b) Registro de daños en la superficie de rodadura.

Durante la inspección de campo se realizó un registro visual de los deterioros observados en la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz. Esta actividad permitió identificar las fallas visibles, tales como deformaciones, erosión superficial, baches, encalaminado, lodazales, cruces de agua y acumulación de material suelto en determinados sectores. Para cada deterioro observado se registraron el tipo de falla, sus dimensiones, el nivel de gravedad y las observaciones complementarias, utilizando fichas de campo, fotografías georreferenciadas y mediciones directas. La evaluación se desarrolló con un enfoque visual, tomando como referencia el Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial del MTC (2018).

Tabla 13

Criterios generales del manual de análisis del MTC (2018)

Manuales	Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial
Tipo de metodología	Visual
Unid. de medición de fallas	Como % de área (m^2)
Tamaño de unidad de muestra	Longitud del tramo en km. Ancho promedio en m. Secciones de 500 m.

Nota. Adaptado del MTC (2018).

Tabla 14

Deterioros o fallas de las carreteras no pavimentadas

Código	Deterioros/Fallas	Gravedad por profundidad
1	Deformación	1: < 5 cm 2: Entre 5 a 10 cm 3: > 10 cm
2	Erosión	
3	Baches (huecos)	
4	Encalaminado	
5 y 6	Lodazal y cruce de agua	1: Transitabilidad baja o intransitabilidad durante las épocas de lluvia.

Nota: "Manual de carreteras: mantenimiento o conservación vial" (MTC, 2018).

Para cuantificar la extensión de las fallas, se determinó el área afectada a partir de la longitud y el ancho del deterioro observado. Asimismo, cuando correspondía, se

calculó el porcentaje de afectación respecto del área de la sección evaluada, a fin de expresar la magnitud del deterioro superficial en términos comparables entre tramos. En el caso específico de los baches, se consideró el número de ocurrencias según el nivel de gravedad identificado en campo.

$$Aij = Longitud\ de\ deterioro \times Ancho\ de\ deterioro \quad (13)$$

$$Falla\ Efij = \frac{Aij}{As} \times 100 \quad (14)$$

$$EFp = N_{31} + N_{32} + N_{33} \quad (15)$$

Donde: Aij = área de deterioro observado en m²; As = área de la sección evaluada en m²; Efij = porcentaje de falla; EFP = número de baches.

Como actividad complementaria al registro de daños superficiales, se verificó el espesor del afirmado en puntos específicos de la vía. Esta verificación permitió determinar el espesor remanente de la capa superficial y relacionarlo con el estado de conservación observado durante la inspección. Para ello, se realizaron excavaciones puntuales en la superficie de rodadura y se midió directamente el espesor del afirmado existente. Los puntos de verificación fueron identificados en los planos correspondientes a los tramos 0+000 km–1+000 km y 1+000 km–1+860 km.

Tabla 15

9 puntos de verificación del espesor del afirmado

N°	Progresiva	Norte	Este
1	0+247	9276487.44	761698.38
2	0+470	9276632.77	761542.91
3	0+708	9276744.51	761343.92
4	1+135	9276718.25	760968.88
5	1+274	9276775.53	760843.14
6	1+514	9276921.58	760652.73
7	1+595	9276969.21	760586.84
8	1+808	9277030.45	760413.59
9	1+854	9276995.41	760383.66

Nota. Coordenadas tomadas en campo con un GPS Garmin etrex de mano.

3.6.3. Estudio de tráfico

La carretera de estudio conecta el campus universitario Colpamatara y Colpahuacariz, no obstante, en el campus de Colpamatara se hallan 4 escuelas profesionales mientras que en Colpahuacariz solamente una escuela profesional (Agroindustrial) de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por tanto, muchos de los vehículos solo desarrollan su trayecto hasta Colpamatara, y algunos continúan su viaje hasta Colpahuacariz, considerando ello, se optó por diferenciar el conteo vehicular para ambos campus universitarios.

3.6.3.1. Conteo vehicular.

El estudio de tráfico se realizó mediante conteo vehicular manual en una estación de conteo ubicada en el campus universitario de Colpamatara, con coordenadas UTM WGS84 17S 761856.00 m E y 9276359.00 m S. La ubicación de esta estación permitió registrar tanto el tránsito vehicular general con destino al campus Colpamatara como el flujo específico de vehículos que continuaron su recorrido hacia Colpahuacariz, lo cual hizo posible diferenciar el tránsito total hacia Colpamatara del tránsito real correspondiente al tramo Colpamatara–Colpahuacariz.

Previamente, se definió la estación de conteo considerando su accesibilidad, visibilidad y representatividad del flujo vehicular. Luego, se organizó el registro diario del tránsito durante siete días consecutivos, comprendidos entre el 12 y el 18 de enero, en el horario de 6:00 a. m. a 8:00 p. m., por corresponder a un periodo de mayor circulación vehicular en la zona de estudio. Durante este intervalo se efectuó el conteo y la clasificación de los vehículos que ingresaron o circularon por el punto de control, diferenciando el tipo de unidad vehicular y su destino dentro del sistema vial analizado.

Durante el conteo, se registraron las distintas categorías vehiculares observadas, incluyendo automóviles, camionetas, motocicletas, camiones, buses, mototaxis y

motolineales, ya que estas dos últimas representan medios de transporte frecuentes en el ámbito local y, por tanto, debían considerarse en la caracterización del tránsito. Asimismo, se diferenciaron los vehículos que concluían su recorrido en Colpamatara de aquellos que continuaban hasta Colpahuacariz, con el propósito de estimar con mayor precisión el volumen vehicular en cada tramo de interés.

Una vez concluido el conteo en campo, la información fue sistematizada en una hoja de cálculo digital, organizándose por día, hora, tipo de vehículo y sentido o destino de la circulación. Posteriormente, las horas no observadas del día se completaron mediante iteración, considerando que el conteo directo se efectuó en el horario de mayor tránsito y que dicho periodo concentró la mayor demanda vehicular en la vía. Finalmente, con los datos procesados, se obtuvieron los volúmenes diarios de tránsito y la información de base necesaria para estimar el tránsito vehicular total hacia Colpamatara y el tránsito real en la ruta Colpamatara–Colpahuacariz.

Tabla 16

Procedimiento de conteo vehicular en la carretera Colpamatara–Colpahuacariz

Ítem	Descripción
Tipo de estudio	Conteo vehicular manual
Ubicación de la estación de conteo	Campus universitario de Colpamatara
Coordenadas UTM WGS84 17S	761856.00 m E; 9276359.00 m S
Periodo de conteo	Del 12 al 18 de enero
Duración	7 días consecutivos
Horario de observación directa	6:00 a.m. a 8:00 p. m.
Cobertura del conteo	Tránsito general hacia Colpamatara y tránsito específico hacia Colpahuacariz
Clasificación vehicular registrada	automóvil, camioneta, motocicleta, camión, bus, mototaxi y motolineal
Medio de registro	Formatos de conteo vehicular y hoja de cálculo digital

Figura 16

Vista del tránsito vehicular en el campus universitario Colpamatara



Figura 17

Vehículos pesados que continúan su ruta hacia el campus universitario Colpahuacariz



3.6.3.2.Determinación del flujo vehicular, IMDA y ESAL.

Para el registro, se clasificaron los vehículos según su tipo, diferenciando entre vehículos livianos, camionetas, combis, buses, camiones y demás unidades pesadas observadas durante el periodo de conteo. Posteriormente, se sumaron los vehículos registrados por día y por categoría vehicular, con el fin de determinar el Índice Medio Diario Semanal (IMDS). A partir de este valor, se obtuvo el Índice Medio Diario Anual (IMDA) aplicando el factor de corrección estacional correspondiente. Este procedimiento se realizó con base en los criterios de análisis de tránsito establecidos en el Manual de Carreteras del MTC, aprobado mediante la Resolución Directoral N.° 10-2014-MTC/14.

$$IMDA = IMDS \times FC \tag{16}$$

$$IMDS = \frac{\sum Vi}{7} \tag{17}$$

Donde: IMDA, índice medio diario anual; IMDS, índice medio diario semanal; FC, factor de corrección estacional; vi, vehículos registrados en cada uno de los 7 días.

Con el IMDA obtenido por tipo de vehículo, se estimó la carga vehicular equivalente que actúa sobre la superficie de rodadura. Para ello, se consideraron principalmente los vehículos pesados, ya que generan un mayor efecto estructural sobre la capa de afirmado y la subrasante. El cálculo de ejes equivalentes se desarrolló considerando el índice medio diario por tipo de vehículo, el factor direccional, el factor de carril, el factor de vehículo pesado según la composición de ejes y el factor de presión de los neumáticos.

$$EE_{día-carril} = IMD_p \times Fd \times Fc \times Fvp \times Fp \tag{18}$$

Donde: IMDp, índice medio diario según el tipo de vehículo; Fd, factor direccional; Fc, factor de carril; Fvp, factor de vehículo pesado según la composición de ejes; Fp, factor de presión de neumáticos.

3.6.4. Obtención de fibras de vidrio

Las fibras de vidrio utilizadas en la investigación fueron adquiridas comercialmente de la empresa Industrias Novofibras S.A.C., ubicada en la ciudad de Lima. La compra se realizó considerando la cantidad requerida (10.8 kg) para la ejecución de los ensayos programados en laboratorio, a un costo de S/ 20.00 por kilogramo.

Posteriormente, el material fue enviado desde Lima hasta la ciudad de Chota por vía comercial, asegurando su adecuado traslado hasta el lugar de almacenamiento. Una vez recibido, se verificó la integridad del producto y se procedió a su conservación en condiciones adecuadas hasta su uso en la preparación de las mezclas de suelo.

Antes de la ejecución de los ensayos, la fibra de vidrio fue dosificada de acuerdo con los porcentajes establecidos en la investigación: 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo, a fin de incorporarla posteriormente a las muestras preparadas para su evaluación en laboratorio.

Figura 18

Fibras de vidrio comerciales



3.6.5. Excavación de calicatas

La excavación de calicatas se realizó en tres puntos representativos de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, correspondientes al inicio, a la parte intermedia y al final del tramo, de acuerdo con los criterios técnicos adoptados para la investigación y con la distribución definida de la muestra. Las ubicaciones de las calicatas fueron establecidas previamente en campo y georreferenciadas para asegurar su correcta identificación y representatividad dentro de la subrasante evaluada.

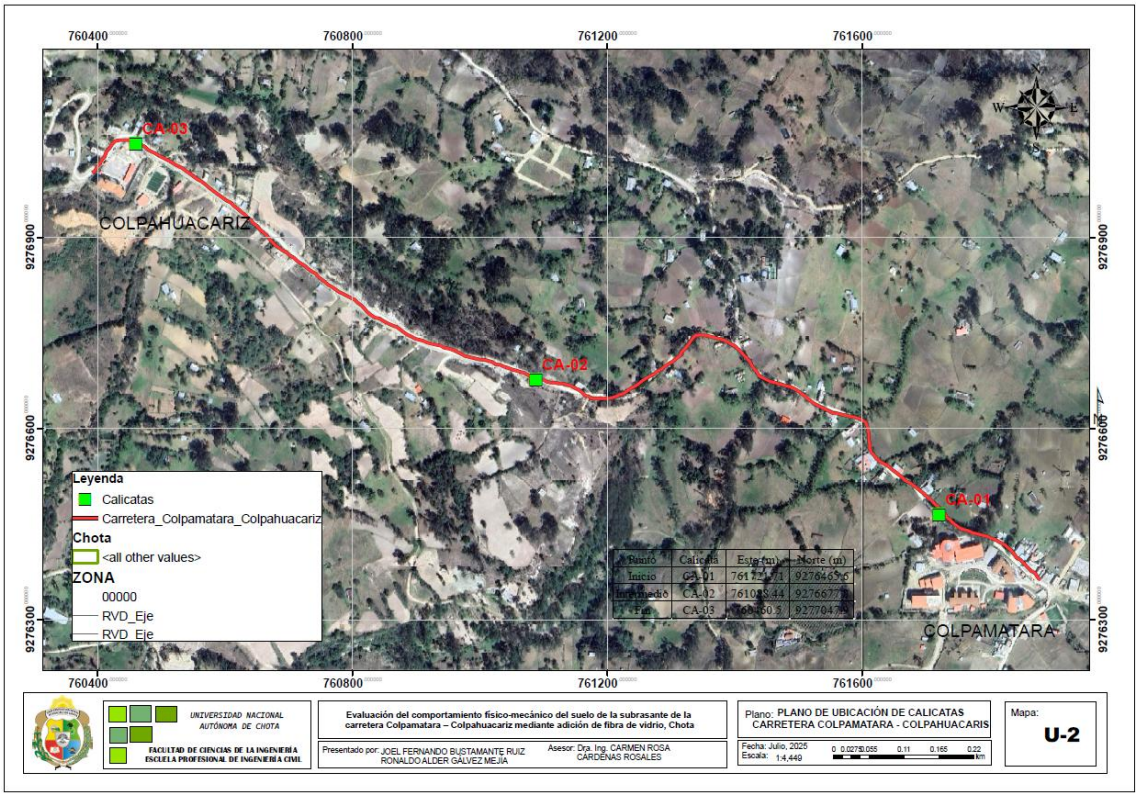
Tabla 17

Ubicación de calicatas en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz

Calicata	Este (m E)	Norte (m S)
CA-01	761721.71	9276465.55
CA-02	761088.44	9276677.84
CA-03	760460.50	9277047.94

Figura 19

Ubicación de calicatas en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz



La excavación se ejecutó con maquinaria pesada (retroexcavadora), lo que permitió alcanzar de forma rápida y segura la profundidad requerida para exponer el perfil del suelo. En cada punto se excavó hasta 1.50 m de profundidad o hasta interceptar claramente el estrato correspondiente a la subrasante de la vía. Una vez expuesto el perfil, se realizó la inspección visual del material encontrado, registrándose características como el color, la humedad aparente y la condición general del suelo. Luego, se extrajo la muestra representativa del estrato de interés, la cual fue colocada en recipientes adecuados, rotulada con el código de la calicata y trasladada al laboratorio para la ejecución de los ensayos físico-mecánicos. Finalmente, se documentó cada calicata mediante registros fotográficos y anotaciones de campo, y luego se procedió al relleno de la excavación con el mismo material extraído.

Figura 20

Excavación de la calicata CA-01 en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz



Figura 21

Excavación de la calicata CA-04 en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz



Figura 22

Excavación de la calicata CA-03 en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz



3.6.6. Ensayos físico-mecánicos al suelo normal

En las muestras de suelo natural extraídas de las calicatas CA-01, CA-02 y CA-03 se determinaron sus propiedades físico-mecánicas mediante ensayos de laboratorio. Para ello, se realizaron los ensayos de NTP 339.127 (contenido de humedad), NTP 339.128 (análisis granulométrico por tamizado), NTP 339.129 (límites de Atterberg), NTP 339.141 (Proctor modificado) y NTP 339.145 (CBR) en el laboratorio de mecánica de suelos de EPIC-UNACH.

Figura 23

Realización de los ensayos físico-mecánicos al suelo natural



a) NTP 339.127 (2019) ***Ensayo de contenido de humedad***

- Se tomó una muestra representativa del suelo natural y se colocó en recipientes previamente identificados.
- Se determinó el peso del recipiente con suelo húmedo en una balanza de precisión.
- Luego, la muestra se llevó al horno a 110 ± 5 °C hasta alcanzar el peso constante.
- Posteriormente, se registró el peso del recipiente con el suelo seco.
- La humedad se calculó como la diferencia entre el peso húmedo y el peso seco de la muestra, expresada como porcentaje del peso seco del suelo.

Figura 24

Realización del ensayos de contenido de humedad del suelo



b) NTP 339.12 (2019) ***Ensayo de granulometría***

- Se secó previamente una muestra del suelo y se determinó su peso inicial.
- Luego, el material se hizo pasar por una serie de tamices normalizados, ordenados de mayor a menor abertura.
- Se pesó el material retenido en cada tamiz y en el fondo.
- Con estos datos se calcularon los porcentajes retenidos, los porcentajes acumulados retenidos y el porcentaje que pasa.
- Finalmente, se elaboró la curva granulométrica.

Figura 25

Realización del ensayo de granulometría del suelo



c) ***NTP 339.129*** (2019) ***Ensayo de límite líquido***

- Se preparó la fracción fina del suelo, mezclándola con agua hasta obtener una pasta homogénea.
- La mezcla se colocó en la copa de Casagrande y se practicó la ranura correspondiente.
- Luego, se aplicaron golpes sucesivos hasta cerrar la ranura a la longitud establecida.
- El ensayo se repitió con diferentes contenidos de humedad y un número distinto de golpes, obteniéndose varios puntos de control.
- Finalmente, se determinó el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes, el cual se adoptó como límite líquido del suelo.

Figura 26

Realización del ensayo de límite líquido del suelo



d) ***NTP 339.129*** (2019) ***Ensayo de límite plástico***

- Se tomó una porción de suelo previamente preparada y se humedeció hasta obtener una consistencia plástica.

- Luego, la muestra se amasó y se hizo rodar manualmente sobre una superficie lisa hasta formar cilindros delgados.
- El procedimiento continuó hasta que los rollitos alcanzaron un diámetro de aproximadamente 3 mm y comenzaron a agrietarse o desmoronarse.
- En ese momento, se recolectó el material y se determinó su contenido de humedad en horno.
- Finalmente, el promedio de las determinaciones efectuadas se adoptó como el límite plástico del suelo.

Figura 27

Realización del ensayo de límite plástico del suelo



e) NTP 339.141 (2019) ***Ensayo Proctor modificado***

- Para cada muestra se prepararon porciones de suelo con distintos contenidos de humedad, a fin de obtener varios puntos de la curva de compactación.
- El ensayo se ejecutó con el método de compactación A, empleando un pisón manual de 4536.4 g y un molde de 921.33 cm^3.

- Cada muestra se colocó en el molde en cinco capas, compactándose cada una con 25 golpes, de acuerdo con la energía establecida en el Proctor modificado.
- Luego, se determinó el peso del molde con suelo húmedo y se extrajeron porciones para calcular el contenido de humedad.
- Finalmente, a partir de los valores de densidad húmeda y contenido de humedad, se calculó la densidad seca correspondiente a cada punto y se construyó la curva de compactación, obteniéndose la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH) de cada suelo.

Figura 28

Realización del ensayo Proctor modificado del suelo



f) NTP 339.145 (2019) ***Ensayo CBR de laboratorio***

- A partir de los resultados del Proctor modificado, se prepararon muestras de suelo natural con la humedad óptima correspondiente.
- Las mezclas se compactaron en moldes CBR utilizando tres niveles de energía, correspondientes a 56, 25 y 12 golpes por capa, para representar distintos grados de compactación.

- Después de la compactación, las probetas se sometieron a inmersión en agua durante cuatro días, registrándose también la expansión.
- Concluido el periodo de saturación, se realizó el ensayo de penetración aplicando una carga progresiva y registrando las resistencias a distintas profundidades de penetración.
- Finalmente, con los datos obtenidos se calcularon los valores de CBR al 95% y al 100% de la MDS, lo que permitió evaluar la capacidad de soporte del suelo natural como subrasante.

Figura 29

Realización del ensayo CBR de laboratorio al suelo



3.6.7. Ensayos mecánicos al suelo con fibras de vidrio

Para evaluar el efecto de la fibra de vidrio en el comportamiento del suelo de subrasante, se prepararon mezclas de suelo seco con dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% de fibra de vidrio respecto al peso seco del suelo. En cada caso, la fibra se incorporó en seco y se mezcló manualmente hasta obtener una distribución uniforme en la masa del suelo, evitando concentraciones localizadas del material de refuerzo. Luego, se adicionó agua en cantidades controladas para obtener diferentes contenidos de humedad y proceder a los ensayos de compactación.

El ensayo de Proctor modificado de las mezclas suelo–fibra se ejecutó siguiendo el mismo procedimiento aplicado al suelo natural, es decir, mediante el método A, con pisón manual de 4536.4 g, molde de 921.33 cm^3, cinco capas y 25 golpes por capa. A partir de los resultados obtenidos, se construyeron las curvas de compactación para cada dosificación, determinándose la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptimo correspondientes a cada porcentaje de fibra incorporado.

Posteriormente, con base en los parámetros del Proctor modificado, se prepararon las muestras para el ensayo CBR de laboratorio. Estas probetas se compactaron en moldes CBR con 56, 25 y 12 golpes por capa; se sometieron a inmersión durante 4 días y luego se ensayaron mediante penetración controlada. Con los resultados obtenidos, se calcularon los valores de CBR al 95% y al 100% de la MDS para cada dosificación de fibra de vidrio, lo que permitió comparar el comportamiento mecánico del suelo mejorado con el del suelo natural.

Figura 30

Mezclas de suelo con fibras de vidrio para ensayos de compactación y CBR



Figura 31

Realización de ensayo de CBR al suelo con fibra de vidrio



3.7. Procedimientos de análisis de datos

El procesamiento de datos se realizó en Microsoft Excel, donde se organizaron y tabularon los resultados obtenidos tanto en campo como en el laboratorio. En esta etapa se consolidó la información del inventario vial, del estudio de tráfico, del levantamiento topográfico y de los ensayos físico-mecánicos del suelo natural y del suelo mejorado con fibra de vidrio. Asimismo, se efectuaron los cálculos de promedios y porcentajes de variación, la clasificación de los resultados y la elaboración de tablas y gráficos, con la finalidad de ordenar la información y facilitar su interpretación posterior.

El análisis de datos se efectuó mediante un análisis descriptivo, ya que la investigación se orientó a identificar y comparar la variación de la máxima densidad seca, del óptimo contenido de humedad y de la capacidad de soporte del suelo en estado natural y bajo diferentes dosificaciones de fibra de vidrio. Para ello, se interpretaron los resultados a partir de tablas comparativas, porcentajes de incremento o disminución, líneas de tendencia y gráficos de comportamiento, lo que permitió establecer la dosificación óptima de fibra de vidrio en cada calicata y evaluar el cambio en la clasificación técnica de la subrasante.

3.8. Material y equipos (descripción del uso)

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron materiales, equipos e insumos de campo y de laboratorio, necesarios para la ejecución del levantamiento topográfico, el inventario vial, el conteo vehicular, la excavación de calicatas, la obtención y dosificación de la fibra de vidrio, así como para la realización de los ensayos físico-mecánicos del suelo natural y del suelo mejorado.

Tabla 18

Materiales, equipos e insumos utilizados en la investigación

Material, equipo	Descripción del uso
GPS diferencial (GNSS)	Se utilizó para el posicionamiento georreferenciado de puntos de control y de apoyo durante el levantamiento topográfico del tramo en estudio.
Dron fotogramétrico	Se empleó para la captura de imágenes aéreas del tramo vial, necesarias para la generación del ortomosaico, del modelo digital del terreno y de productos topográficos.
Control remoto del dron	Permitió la planificación, el control y la ejecución de la misión de vuelo fotogramétrico.
Trípode para GNSS	Se utilizó para instalar y estabilizar el receptor base del GPS diferencial durante el levantamiento topográfico.
Rover GNSS	Se empleó para el levantamiento de puntos de detalle y de control a lo largo del tramo vial.
Estacas y pintura	Se utilizaron para marcar puntos de control, ubicaciones de calicatas y referencias temporales en campo.
Cinta métrica / wincha	Se empleó para mediciones complementarias de distancias, anchos y elementos visibles de la vía.
Cámara fotográfica / teléfono móvil	Se utilizó para el registro fotográfico de las condiciones de la vía, de las calicatas y de las actividades de campo.
Formatos de inventario vial	Se emplearon para registrar los datos generales de la vía, los daños en la superficie de rodadura y las obras de arte observadas en campo.
Formatos de conteo vehicular	Se utilizaron para registrar el número y el tipo de vehículos durante el estudio de tráfico.
Retroexcavadora	Se empleó para la excavación de las calicatas en los puntos seleccionados del tramo vial.
Pala, pico y barreta	Se utilizaron como herramientas complementarias para la limpieza, el perfilado y la verificación de las calicatas excavadas.
Bolsas para muestras	Se emplearon para recolectar, conservar y transportar las muestras de suelo extraídas de las calicatas.
Etiquetas y marcador indeleble	Se utilizaron para codificar e identificar las muestras de suelo recolectadas en campo.
Fibra de vidrio	Constituyó el material de refuerzo incorporado al suelo en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo.
Balanza de precisión	Se utilizó para pesar muestras de suelo, recipientes y cantidades de fibra de vidrio durante la preparación de mezclas y la realización de ensayos.
Horno de secado	Se empleó para el secado de muestras en los ensayos de contenido de humedad y de límites de consistencia.
Juego de tamices	Se utilizó en el ensayo granulométrico para determinar la distribución de tamaños de las partículas del suelo.
Tamizador manual o mecánico	Se empleó para facilitar la separación de partículas durante el análisis granulométrico.
Copa de Casagrande	Se utilizó para determinar el límite líquido del suelo.
Ranurador y placa de vidrio	Se emplearon en la ejecución de los ensayos de límites de Atterberg.

Material, equipo	Descripción del uso
Cápsulas metálicas	Se utilizaron para contener pequeñas muestras de suelo en los ensayos de humedad y de consistencia.
Molde Proctor	Se empleó el ensayo Proctor modificado para determinar la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptimo.
Pisón manual	Se utilizó para compactar el suelo en el molde Proctor modificado y en los moldes CBR, según la energía de compactación requerida.
Moldes CBR	Se emplearon para preparar las probetas del ensayo de California Bearing Ratio.
Máquina de penetración CBR	Se utilizó para aplicar la carga y registrar la resistencia de las muestras durante el ensayo CBR.
Recipientes y bandejas metálicas	Se emplearon para mezclar, secar y manipular el suelo durante la preparación de las muestras.
Agua	Se utilizó para acondicionar la humedad de las muestras en los ensayos de compactación y de CBR.
Computadora portátil	Se empleó para organizar, procesar y almacenar la información obtenida tanto en campo como en el laboratorio.
Equipos de protección personal	Se utilizaron durante las actividades de campo y de laboratorio para garantizar la seguridad del personal.

3.9. Aspectos éticos

En la investigación se aplicaron diversos aspectos éticos orientados a garantizar el cumplimiento de los principios de integridad, responsabilidad y respeto al entorno y a las personas (Noreña et al., 2012).

Respeto por el medio ambiente. Durante la recolección de muestras y la excavación de calicatas, se evitó causar impactos negativos en el entorno natural. Se trabajó con el mínimo nivel de intervención en el suelo; se utilizaron herramientas manuales y se procedió a rellenar y compactar las calicatas una vez finalizadas las extracciones, con el fin de restaurar el terreno a su estado original.

Cumplimiento de normativas técnicas y legales. La investigación se rigió por los lineamientos establecidos en los Manuales de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), así como por las normativas vigentes en materia de seguridad, medio ambiente y ética universitaria.

Seguridad y bienestar del equipo de trabajo y de la comunidad. Se garantizó la integridad física del equipo técnico y de los pobladores durante las actividades de campo mediante el uso obligatorio de equipos de protección personal (EPP), la señalización del área de trabajo y la planificación adecuada de horarios para evitar interferencias con el tránsito vehicular y peatonal.

Transparencia en el tratamiento de datos. Los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y de campo fueron registrados con precisión, sin manipulación ni alteración.

Honestidad académica. Se respetaron los principios de integridad intelectual y propiedad académica mediante la correcta citación de todas las fuentes bibliográficas, autores, investigaciones previas y normativas utilizadas en el desarrollo del trabajo. Se evitó cualquier forma de plagio y se garantizó que los aportes del investigador fueran originales y claramente diferenciados de las referencias utilizadas.

Consentimiento y respeto institucional. Se solicitó previamente el consentimiento de las autoridades de la Universidad Nacional Autónoma de Chota y, cuando correspondió, de las autoridades comunales. Se respetó su decisión de participar, asegurando la transparencia respecto de los fines y alcances de la investigación, así como su derecho a conocer los resultados si así lo requiere.

Divulgación responsable de resultados. Los resultados de la investigación fueron difundidos de manera objetiva, clara y sin distorsiones, respetando la verdad científica y las limitaciones del estudio. Se priorizó su utilidad para las comunidades académicas, técnicas y locales, sin generar falsas expectativas ni extrapolaciones indebidas, y se promovió un uso ético de los hallazgos para futuras investigaciones o intervenciones técnicas.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Descripción de resultados

4.1.1. Diagnóstico vial de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz

4.1.1.1. Inventario vial.

La carretera Colpamatara–Colpahuacariz corresponde a un tramo de 1.86 km, ubicado en Chota, con progresiva inicial en el km 0+000 y final en el km 1+860, un tiempo promedio de recorrido de 5 minutos y una velocidad media de 30 km/h. Además, se identificó un cruce al centro poblado de Colpahuacariz en la progresiva km 0+660. Estos datos evidencian que se trata de una vía corta, de conexión directa entre ambos campus universitarios, con función local y académica, cuya transitabilidad es importante para la movilidad cotidiana de la zona.

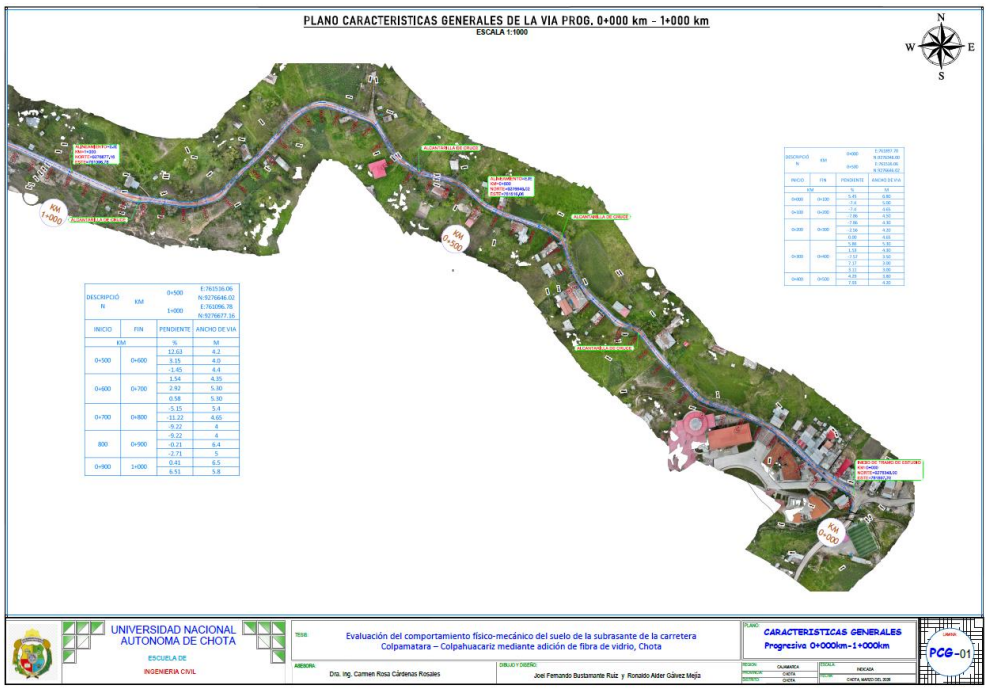
Tabla 19

Características generales de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz

Característica	Descripción
Nombre del tramo	Carretera Colpamatara–Colpahuacariz
Distrito	Chota
Provincia	Chota
Departamento	Cajamarca
Progresiva inicial	Km 0+000
Coordenada inicial	Norte: 9276348.00; Este: 761897.70
Progresiva final	Km 1+860
Coordenada final	Norte: 9276991.20; Este: 760380.06
Longitud del tramo	1.86 km
Clasificación del camino	Tipo I
Tiempo promedio de recorrido	5 minutos
Velocidad promedio	30 km/h
Cruce de centro poblado	Cruce 01 al centro poblado de Colpahuacariz
Progresiva del cruce identificado	Km 0+660
Ámbito de evaluación	Tramo comprendido entre el campus universitario Colpamatara y el campus universitario Colpahuacariz

Figura 32

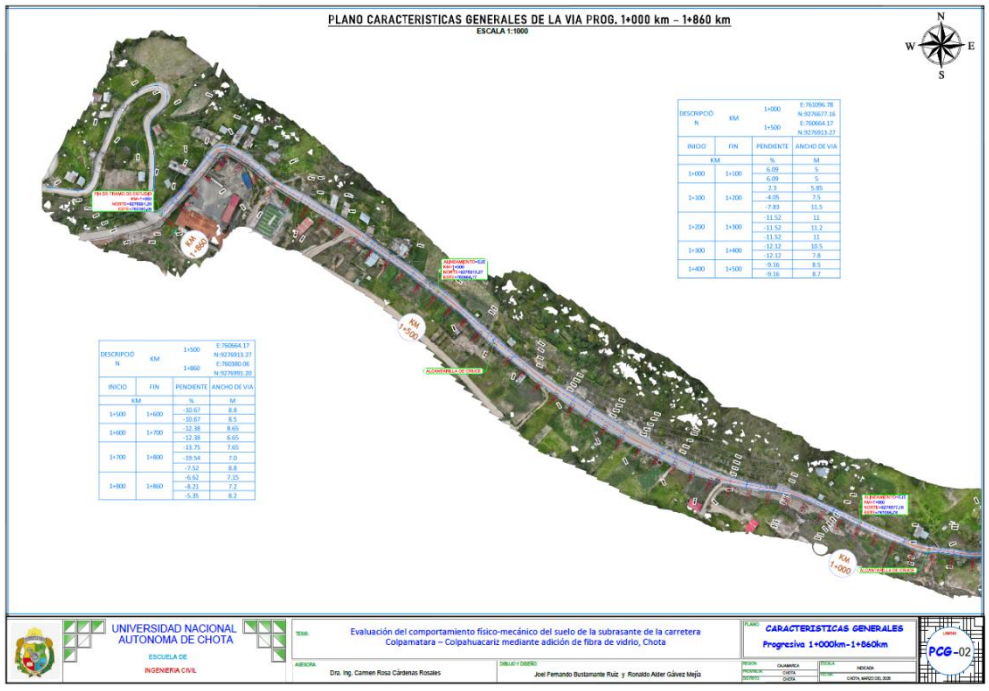
Carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 0+000 – km 1+000



Nota. Ver los planos en el anexo.

Figura 33

Carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 1+000 – km 1+860



Nota. Ver los planos en el anexo.

En relación con el estado de la superficie de rodadura, los resultados indican que la vía presenta un deterioro importante y progresivo en sus distintos tramos. En el primer sector evaluado (km 0+500), predominan las deformaciones (930.00 m²), la erosión (465 m²), 15 baches y 232.5 m² de lodazal, lo que evidencia una afectación combinada de la capa superficial. En el segundo sector (km 1+000), se observan 1080.00 m² de deformación, 1350 m² de erosión, 18 baches y 1000.0 m² de encalaminado, lo que revela una condición más crítica del afirmado. En los tramos km 1+500 y km 1+860, la falla dominante fue la erosión, con 4400 m² y 2754 m², respectivamente, mientras que las deformaciones desaparecen y los baches dejan de ser significativos al final de los tramos. En conjunto, estos resultados muestran que la vía presenta una condición superficial deficiente, en la que la erosión constituye el deterioro más severo y extendido.

Tabla 20

Área de deterioro (m²) de la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz

	Deformación	Erosión	Baches	Encalaminado	Lodazal	Cruce de agua
Km	Área de deterioro (m²)	Área de deterioro (m²)	Número de deterioro	Área de deterioro (m²)	Área de deterioro (m²)	Área de deterioro (m²)
0.50	930.00	465	15	0.0	232.5	
1.00	1080.00	1350	18	1000.0	0.0	
1.50	0.00	4400	18	0.0	0.0	
1.86	0.00	2754	0	0.0	0.0	

La densidad de fallas confirma la gravedad del deterioro superficial de la carretera. En el tramo km 0+500, la deformación alcanzó 40.00%, la erosión 20.00%, los baches 3.00% y el lodazal 10.00%; en el tramo km 1+000, la deformación volvió a representar 40.00%, mientras que la erosión aumentó a 50.00% y el encalaminado alcanzó 37.04%. En los tramos km 1+500 y km 1+860, la erosión llegó al 100.00%, lo

que significa que fue la falla predominante en toda la sección evaluada. Esta información permite interpretar que el principal problema funcional de la carretera no fue solamente la presencia aislada de baches o deformaciones, sino el desgaste generalizado de la capa de rodadura, asociado a deficiencias de drenaje, a la pérdida del material de afirmado y a condiciones inadecuadas de soporte.

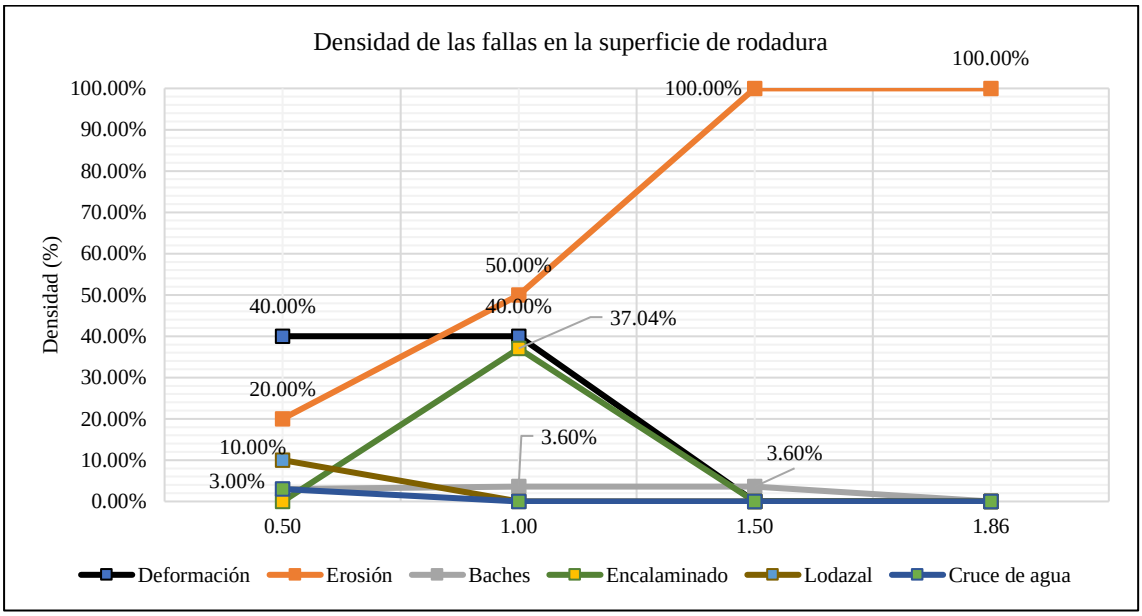
Tabla 21

Densidad de la falla (%) en la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz

Km	Deformación	Erosión	Baches	Encalaminado	Lodazal
0.50	40.00%	20.00%	3.00%	0.00%	10.00%
1.00	40.00%	50.00%	3.60%	37.04%	0.00%
1.50	0.00%	100.00%	3.60%	0.00%	0.00%
1.86	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Figura 34

Densidad de la falla (%) en la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz



La verificación del espesor del afirmado mostró valores entre 11 y 19 cm, con un promedio de 14 cm y una pérdida aproximada de 6 cm respecto al espesor esperado de la capa superficial. Los espesores menores se localizaron en las progresivas 1+274 y 1+595, de 11 cm, mientras que los mayores se registraron en las progresivas 0+470 y 1+808, de 19 cm. Esta variabilidad demuestra que el afirmado no mantiene un espesor uniforme a lo largo de la vía, lo que afecta negativamente la regularidad estructural del tramo y favorece la aparición de fallas en los sectores en los que la capa superficial se ha reducido. En consecuencia, el inventario vial sugiere que el deterioro observado no solo se relaciona con la superficie de rodadura, sino también con la pérdida progresiva del espesor de la capa granular.

Tabla 22

Verificación del espesor del afirmado en la superficie de rodadura de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz

N°	Progresiva	Norte	Este	Espesor del afirmado (cm)	Observación visual
1	0+247	9276487	761698	13	Espesor medio, con una capa granular visible y material suelto alrededor de la excavación.
2	0+470	9276633	761543	19	Mayor espesor aparente; la lectura de la cinta se aproxima a 18–20 cm.
3	0+708	9276745	761344	14	Espesor intermedio; la superficie de rodadura se sitúa entre 13 y 15 cm.
4	1+135	9276718	760969	13	Espesor medio, con lectura parcialmente visible a la distancia de la fotografía.
5	1+274	9276776	760843	11	Menor espesor aparente; la lectura se aproxima a 10–12 cm.
6	1+514	9276922	760653	13	Espesor medio, con material granular heterogéneo en la zona excavada.
7	1+595	9276969	760587	11	Espesor bajo a medio; la lectura visible se aproxima a 10–12 cm.
8	1+808	9277030	760414	19	Mayor espesor aparente; la excavación muestra una profundidad de 18–20 cm.
9	1+854	9276995	760384	13	Espesor medio: la lectura visual se aproxima a 12–14 cm.
Promedio				14	Pérdida del espesor de la capa de afirmado de aproximadamente 6 cm

Figura 35

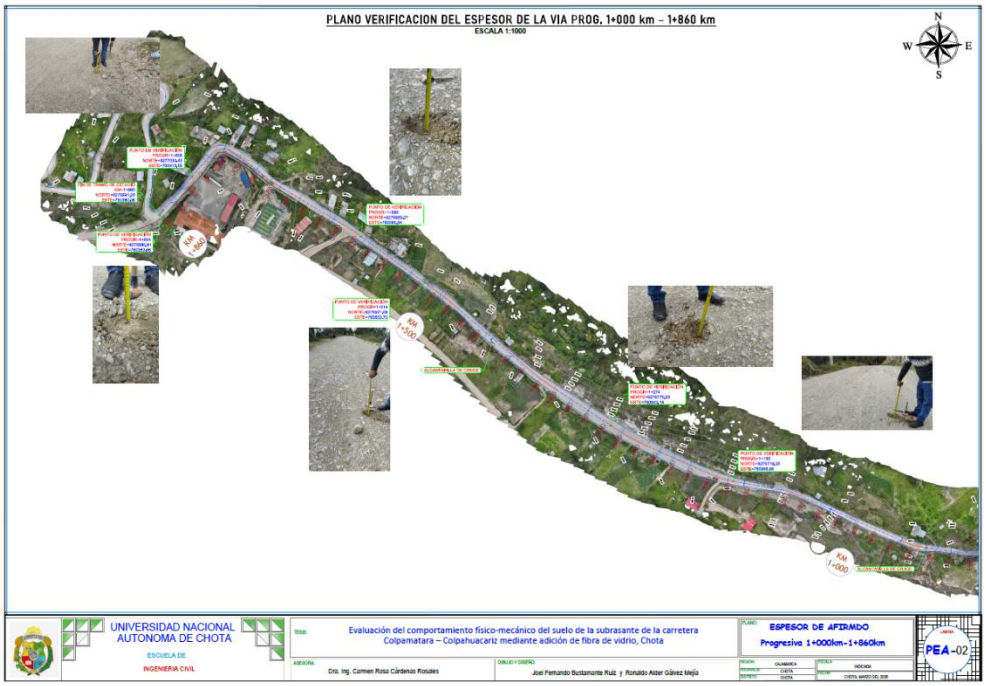
Espesor del afirmado carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 0+000–km 1+000



Nota. Ver los planos en el anexo.

Figura 36

Espesor del afirmado carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 1+000–km 1+860



Nota. Ver los planos en el anexo.

Respecto a las obras de arte, se identificaron cinco alcantarillas metálicas corrugadas (TMC) distribuidas entre las progresivas 0+281.66 y 1+420.00. De estas, dos fueron calificadas en estado regular por encontrarse semiobstruidas, mientras que las otras tres se reportaron en buen estado, incluida una alcantarilla de 24" con cabezales de concreto armado. Asimismo, se observó la presencia de cunetas longitudinales en ambos márgenes de la vía; sin embargo, estas son de tierra, es decir, no están revestidas. Esta condición permite la conducción superficial del agua de lluvia, pero también incrementa la posibilidad de erosión lateral, de acumulación de sedimentos y de pérdida progresiva de la sección hidráulica de las cunetas. En conjunto, los resultados indican que la carretera sí cuenta con infraestructura de drenaje transversal y longitudinal; no obstante, la presencia de alcantarillas semiobstruidas y cunetas no revestidas evidencia que la evacuación del agua no se realiza de manera óptima a lo largo de todo el tramo, lo cual podría favorecer la erosión, la formación de lodazales y la degradación acelerada del afirmado.

Tabla 23

Inventario de obras de arte en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz

Progresiva (Km)	Tipo	Material	Estado	Dimensiones	Observaciones / Comentarios
0+281.66	Alcantarilla	TMC	Regular	TMC D = 36"	Alcantarilla en buen estado estructural, pero semiobstruida.
0+410.00	Alcantarilla	TMC	Regular	TMC D = 36"	Alcantarilla en buen estado estructural, pero semiobstruida.
0+572.06	Alcantarilla	TMC	Bueno	TMC D = 36"	Alcantarilla en buen estado estructural.
0+925.93	Alcantarilla	TMC	Bueno	TMC D = 36"	Alcantarilla se encuentra en buen estado
1+420.00	Alcantarilla	TMC	Bueno	TMC D = 24"	La alcantarilla con cabezales de C°A° se encuentra en buen estado.

Figura 37

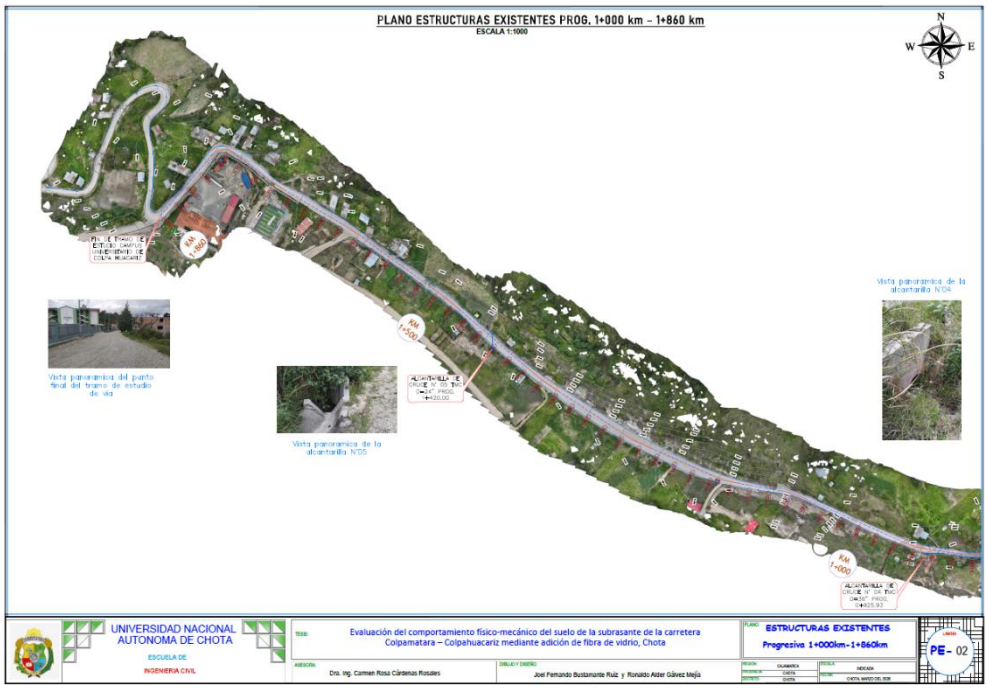
Obras de arte en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 0+000 – km 1+000



Nota. Ver los planos en el anexo.

Figura 38

Obras de arte en la carretera Colpamatara – Colpahuacariz , km 1+000 – km 1+860



Nota. Ver los planos en el anexo.

Figura 39

Obras de arte de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz

Alcantarilla 01	Alcantarilla 02	Alcantarilla 03
		
Alcantarilla 04	**Alcantarilla 05**	**Cunetas longitudinales**
		

4.1.1.2.Levantamiento topográfico.

El levantamiento topográfico evidenció que la carretera Colpamatara–Colpahuacariz presenta una geometría variable tanto en pendiente como en el ancho de vía, lo que influye directamente en sus condiciones de operación y conservación. En el tramo del km 0+000 al km 0+500, las pendientes oscilaron entre -7.86% y 7.93%, mientras que el ancho de la vía varió entre 3.00 m y 6.80 m, lo que indica un tramo relativamente estrecho y con cambios altimétricos moderados.

En el tramo del km 0+500 al km 1+000, la pendiente alcanzó valores entre -11.22% y 12.63%, con anchos de 4.00 m a 6.50 m. La presencia de pendientes positivas y negativas de magnitud considerable indica cambios frecuentes en la rasante, lo que favorece procesos de escorrentía superficial y de arrastre de material, particularmente en sectores donde se superponen pendientes altas y anchos reducidos.

La sección comprendida entre km 1+000 y km 1+500 presentó pendientes de -12.12% a 6.09% y anchos de 5.00 m a 11.50 m. Aunque en este tramo se observaron anchos mayores que en los anteriores, también se registraron descensos pronunciados, sobre todo entre 1+200 y 1+400, donde predominan pendientes negativas cercanas a -11.52% y -12.12%.

Finalmente, en el tramo del km 1+500 al km 1+860 se registraron las condiciones topográficas más críticas, con pendientes entre -19.54% y -5.35% y anchos entre 6.65 m y 8.80 m. La presencia de una pendiente máxima negativa de -19.54% evidencia un descenso muy pronunciado, que explica en gran medida la alta incidencia de erosión observada en el inventario vial en la parte final del tramo. En consecuencia, la geometría de la carretera, especialmente sus pendientes fuertes y variables, constituye un factor determinante en el deterioro de la vía, ya que incrementa la velocidad del escurrimiento superficial y favorece la afectación de la subrasante.

Tabla 24

Datos topográficos de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 0+000 al km 0+500

Descripción	km	0+000 0+500	E:761897.70 N:9276348.00 E:761516.06 N:9276646.02
Inicio km	Fin	Pendiente %	Ancho de la vía m
0+000	0+100	5.45 -7.4	6.80 5.00
0+100	0+200	-7.4 -7.86	4.65 4.50
0+200	0+300	-7.86 -2.56 0.00	4.30 4.20 4.65
0+300	0+400	5.86 1.53 -7.57 7.17 3.11	5.30 4.30 3.50 3.00 3.00
0+400	0+500	4.29 7.93	3.80 4.20

Tabla 25

Datos topográficos de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 0+500 al km 1+000

Descripción	km	0+500 1+000	E:761516.06 N:9276646.02 E:761096.78 N:9276677.16
Inicio km	Fin	Pendiente %	Ancho de la vía m
0+500	0+600	12.63 3.15 -1.45	4.20 4.00 4.40
0+600	0+700	1.54 2.92 0.58	4.35 5.30 5.30
0+700	0+800	-5.15 -11.22 -9.22	5.40 4.65 4.00
800	0+900	-9.22 -0.21 -2.71	4.00 6.40 5.00
0+900	1+000	0.41 6.51	6.50 5.80

Tabla 26

Datos topográficos de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 1+000 al km 1+500

Descripción	km	1+000 1+500	E:761096.78 N:9276677.16 E:760664.17 N:9276913.27
Inicio	Fin	Pendiente	Ancho de la vía
km		%	m
1+000	1+100	6.09 6.09	5.00 5.00
1+100	1+200	2.30 -4.05 -7.83	5.85 7.50 11.50
1+200	1+300	-11.52 -11.52 -11.52	11.00 11.20 11.00
1+300	1+400	-12.12 -12.12	10.50 7.80
1+400	1+500	-9.16 -9.16	8.50 8.70

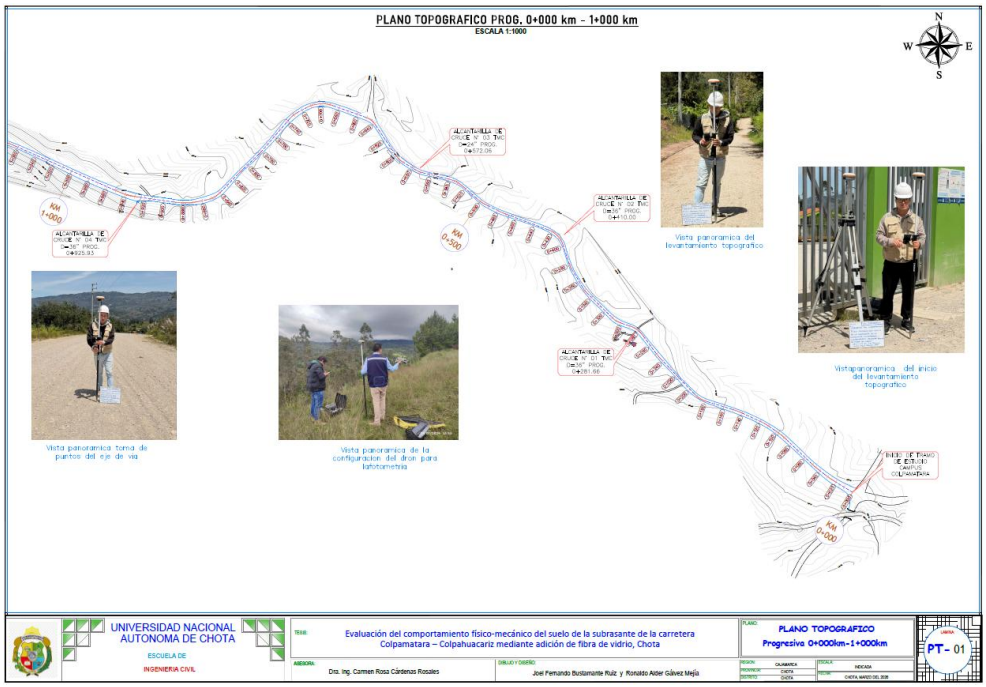
Tabla 27

Datos topográficos de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 1+500 al km 1+850

Descripción	km	1+500 1+860	E:760664.17 N:9276913.27 E:760380.06 N:9276991.20
Inicio	Fin	Pendiente	Ancho de la vía
km		%	m
1+500	1+600	-10.67 -10.67	8.8 8.5
1+600	1+700	-12.38 -12.38	8.65 6.65
1+700	1+800	-13.75 -19.54 -7.52	7.65 7.0 8.8
1+800	1+860	-6.62 -8.21 -5.35	7.15 7.2 8.2

Figura 40

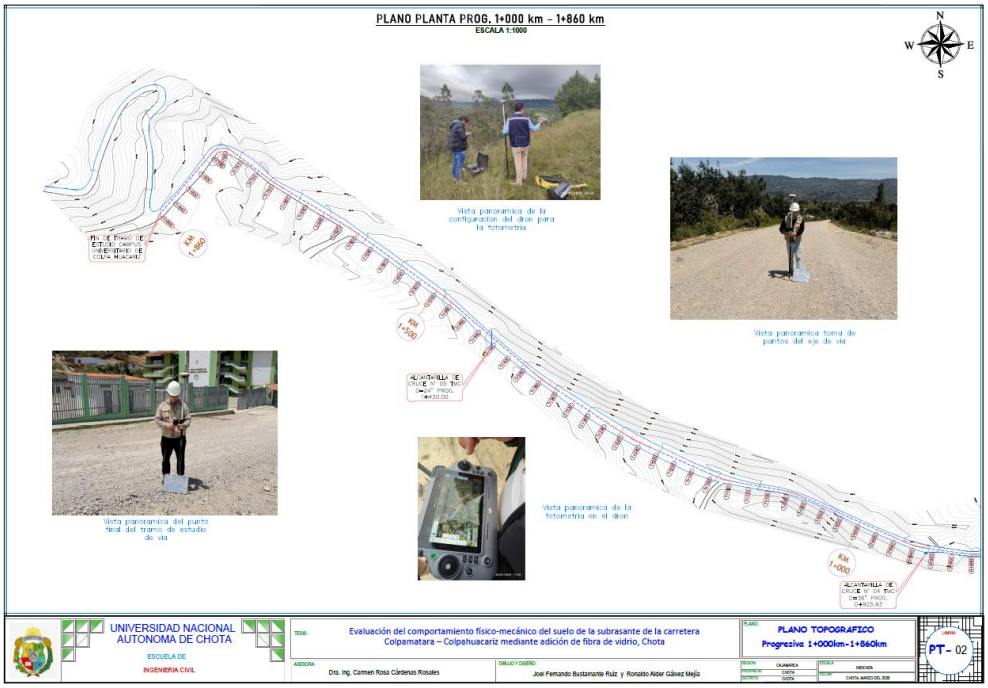
Topografía de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 0+000 al km 1+000



Nota. Ver los planos en el anexo.

Figura 41

Topografía de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, km 1+000 al km 1+850



Nota. Ver los planos en el anexo.

4.1.1.3.Estudio de tráfico.

El flujo vehicular en la carretera Colpamatara–Colpahuacariz es mayor en Colpamatara que en Colpahuacariz todos los días de la semana, lo que confirma que una proporción importante de los vehículos tiene como destino principal el campus de Colpamatara. Asimismo, se observa que los mayores volúmenes de tránsito se concentran entre lunes y viernes, destacando el miércoles como el día de mayor circulación, mientras que los fines de semana registran una disminución considerable del flujo vehicular. Este comportamiento responde a la dinámica académica de la zona de estudio, caracterizada por una mayor movilidad en los días lectivos.

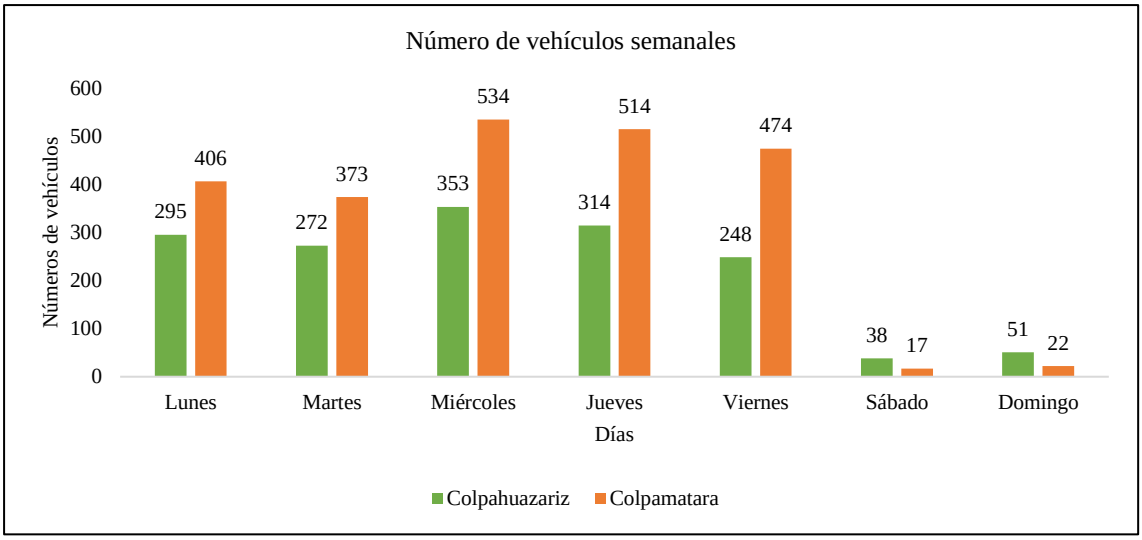
Tabla 28

Número de vehículos semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz

Carretera	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Colpahuazariz	295	272	353	314	248	38	51
Colpamatara	406	373	534	514	474	17	22

Figura 42

Número de vehículos semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz



El tránsito vehicular está dominado por vehículos ligeros, principalmente motolineales, mototaxis y combis, que constituyen la principal forma de transporte en la zona de estudio. En menor proporción se registran vehículos pesados, destacando buses y camiones, especialmente en el campus Colpamatara. Este patrón indica que la carretera soporta principalmente tránsito liviano de carácter local, aunque la presencia de vehículos pesados incide en la solicitación estructural de la subrasante.

Tabla 29

Tipo de vehículos semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz

Carretera			Colpahuazariz	Colpamatara
Vehículos ligeros	Motolineal		675	1068
	Mototaxi		332	648
	Auto		58	156
	Station Wagon		13	43
	Camionetas	Camioneta	37	25
		Panel	0	6
		Rural Combi	379	275
	Micro		0	0
Vehículos pesados	Bus	2E	41	26
		>=3 E	20	47
	Camión	2 E	14	8
		3 E	2	1
		4 E	0	0
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0
		2S3	0	0
		3S1/3S2	0	0
		>= 3S3	0	0
	Tráiler	2T2	0	27
		2T3	0	0
		3T2	0	0
		>=3T3	0	10
Total			1571.00	2340.00

Más del 94% del tránsito corresponde a vehículos ligeros en ambos campus universitarios, mientras que los vehículos pesados representan aproximadamente el 5% del total. Este resultado confirma que la vía presenta una baja carga estructural relativa en términos de frecuencia de tránsito pesado, lo que sugiere que el deterioro de la subrasante esta más asociado a las condiciones geotécnicas del suelo que al tránsito pesado constante.

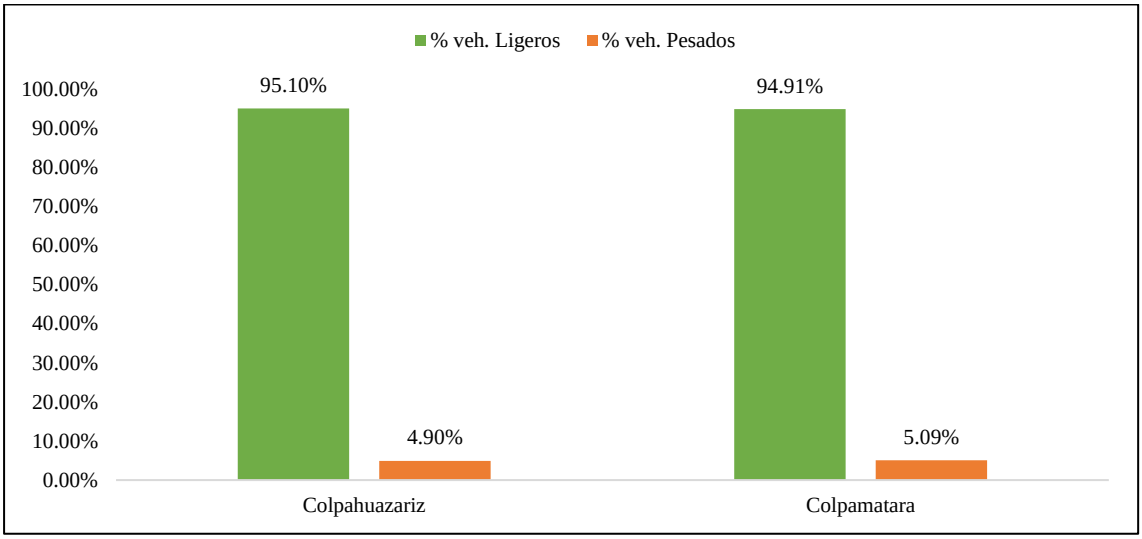
Tabla 30

Cantidad de vehículos ligeros y pesados semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz

Carretera	Vehiculos ligeros	Vehiculos pesados	% veh. Ligeros	% veh. Pesados
Colpahuazariz	1494	77	95.10%	4.90%
Colpamatara	2221	119	94.91%	5.09%

Figura 43

Porcentaje de vehículos ligeros y pesados semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz



El Índice Medio Diario Anual (IMDA) es mayor en el campus Colpamatara (180 veh/día) que en el campus Colpahuacariz (132 veh/día), lo cual reafirma que el mayor flujo vehicular se concentra en el primer tramo. Además, se observa que los vehículos ligeros predominan en la composición del IMDA, siendo los autos y combis los más representativos, mientras que los vehículos pesados presentan valores menores pero constantes.

Tabla 31

Índice medio diario anual (IMDA) de los vehículos que transitan por la carretera Colpamatara – Colpahuacariz en los campus de Colpahuacariz y Colpamatara

Tipo de vehículos			Colpahuacariz	Colpamatara
Vehículos ligeros	Auto		57	108
	Station Wagon		2	7
	Camioneta		6	4
	Panel		0	1
	Rural Combi		55	40
	Micro		0	0
Vehículos pesados	Bus	2E	6	4
		>=3 E	3	7
	Camión	2 E	2	2
		3 E	1	1
		4 E	0	0
	Semi-trailer	2S1/2S2	0	0
		2S3	0	0
		3S1/3S2	0	0
		>= 3S3	0	0
	Tráiler	2T2	0	4
		2T3	0	0
		3T2	0	0
		>=3T3	0	2
Total			132	180

Los ejes equivalentes (ESAL) son considerablemente mayores en el campus Colpamatara (350,241) que en el campus Colpahuacariz (169,337), lo que indica una mayor demanda estructural en este tramo. Asimismo, se evidencia que los vehículos pesados, especialmente buses y tráileres, son los principales contribuyentes a los ESAL, pese a su baja frecuencia. Según la clasificación del tránsito, la vía corresponde a un tránsito tipo TP1 en el campus Colpahuacariz y a un TP2 en el campus Colpamatara, lo que implica diferentes niveles de exigencia estructural.

Tabla 32

ESAL (ejes equivalentes) del tránsito vehicular de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz en los campus de Colpahuacariz y Colpamatara

Tipo de vehículos			Colpahuacariz	Colpamatara
Vehículos ligeros	Auto		191.84	363.49
	Station Wagon		6.73	23.56
	Camioneta		20.19	13.46
	Panel		0.00	3.37
	Rural Combi		185.11	134.63
	Micro		0.00	0.00
Vehículos pesados	Bus	2E	87561.36	58374.24
		>=3 E	38097.98	88895.29
	Camión	2 E	29187.12	29187.12
		3 E	14086.61	14086.61
		4 E	0.00	0.00
	Semi-trailer	2S1/2S2	0.00	0.00
		2S3	0.00	0.00
		3S1/3S2	0.00	0.00
		>= 3S3	0.00	0.00
	Tráiler	2T2	0.00	93666.11
		2T3	0.00	0.00
		3T2	0.00	0.00
		>=3T3	0.00	65492.89
Total			169,337	350,241
Tipo de tráfico			TP1	TP2

Figura 44

Tipo de vehículos semanales contabilizados en los campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara, carretera Colpamatara – Colpahuacariz

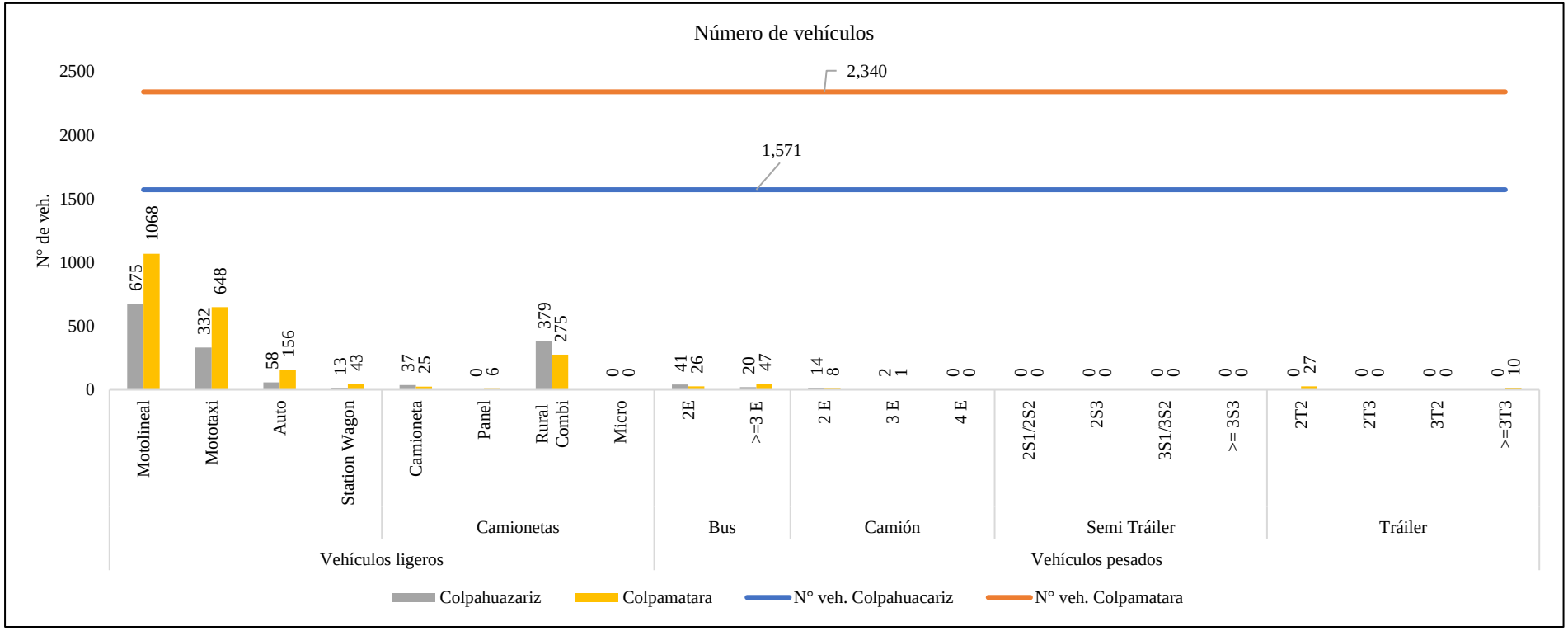


Figura 45

Índice medio diario anual (IMDA) de los vehículos que transitan por la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara

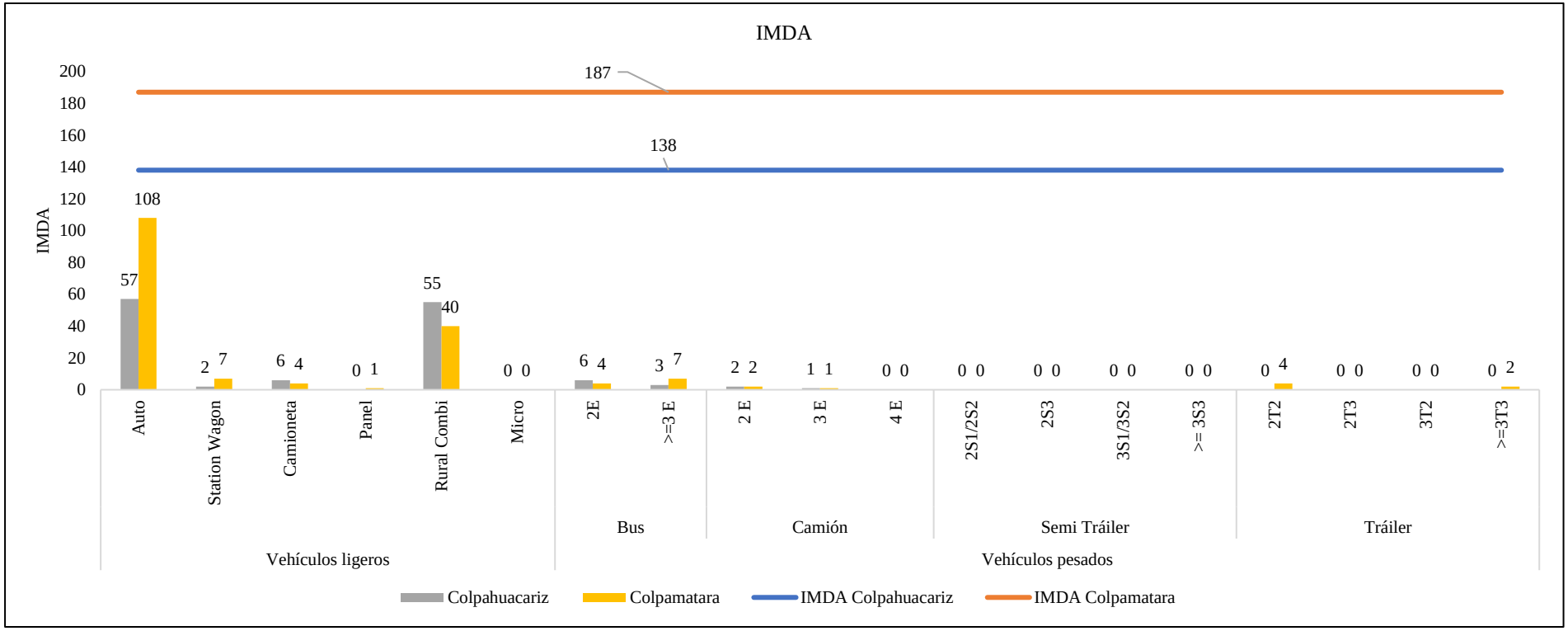
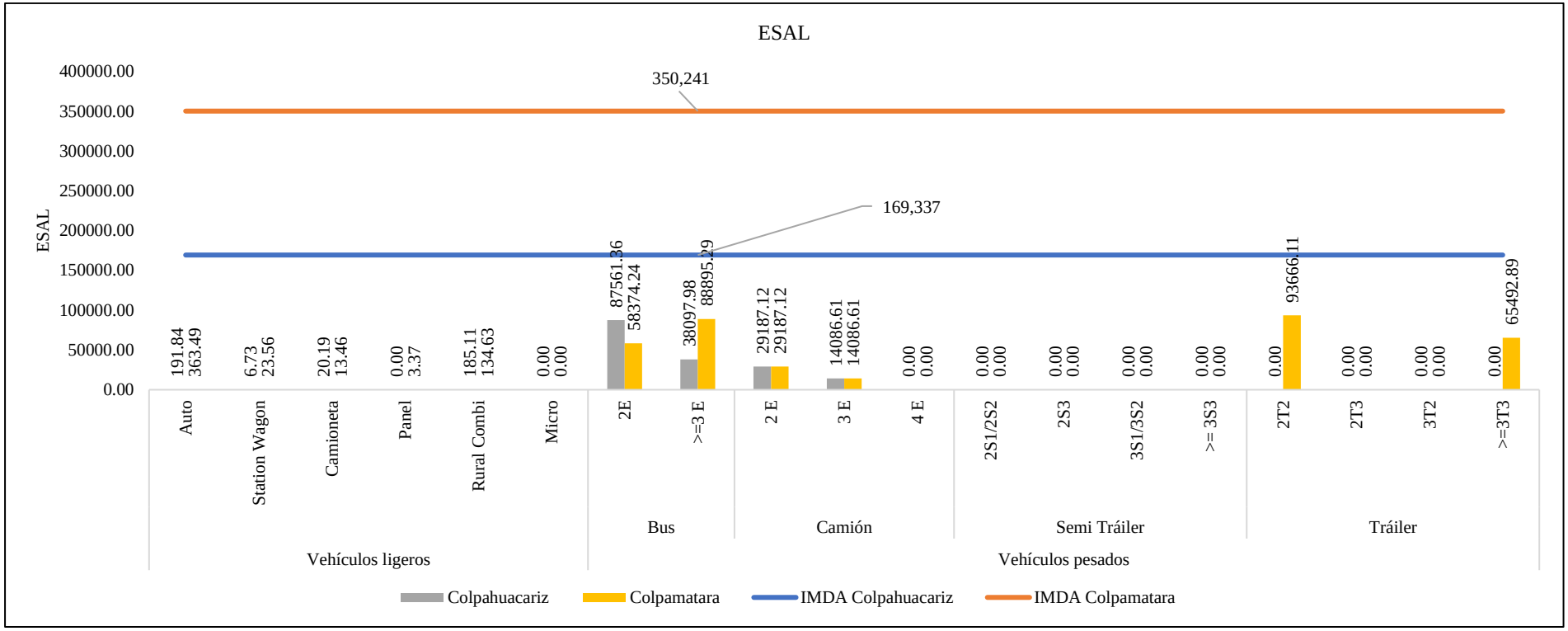


Figura 46

ESAL (ejes equivalentes) del tránsito vehicular de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, campus universitarios Colpahuacariz y Colpamatara



4.1.1.4.Estudio de mecánica de suelos.

El suelo de la subrasante presenta variabilidad en sus propiedades, identificándose un suelo de tipo CL en la calicata CA-01 y suelos de tipo SM en las calicatas CA-02 y CA-03. El índice de plasticidad indica que CA-01 posee plasticidad media (IP=14.78), mientras que CA-02 y CA-03 presentan plasticidad baja. En cuanto al CBR, se observa que CA-01 presenta valores inferiores al 3%, lo que la clasifica como suelo subrasante inadecuado según el MTC (2014), mientras que CA-02 y CA-03 presentan valores entre 6% y 10%, considerados suelos de calidad regular.

Tabla 33

Propiedades físico-mecánicas del suelo natural de la subrasante de la carretera

Calicata	CA-01	CA-02	CA-03
Humedad prom. (%)	23.15	13.23	10.21
LL (%)	38.00	25.90	23.84
LP (%)	23.22	22.13	21.61
IP (%)	14.78	3.77	2.23
SUCS	CL	SM	SM
AASHTO	A-6(11)	A-2-4(0)	A-2-6(3)
MDS (g/cm³)	1.59	1.70	1.83
OCH (%)	17.35	13.20	12.50
CBR 100% MDS	2.63	7.77	9.93
CBR 95% MDS	1.76	5.59	7.11

La composición granulométrica de la calicata CA-01 registra el mayor contenido que pasa el tamiz N.° 200 (75.80%), seguida de CA-03 con 49.80% y CA-02 con 37.83%, lo que indica que el suelo de CA-01 posee una fracción fina mucho más dominante. En cambio, CA-02 y CA-03 presentan una gradación más fina y una mayor proporción de fracciones arenosas. Es coherente con la clasificación SUCS obtenida, ya que CA-01 corresponde a un suelo arcilloso de baja plasticidad (CL), mientras que CA-02 y CA-03 corresponden a suelos arenosos limosos (SM).

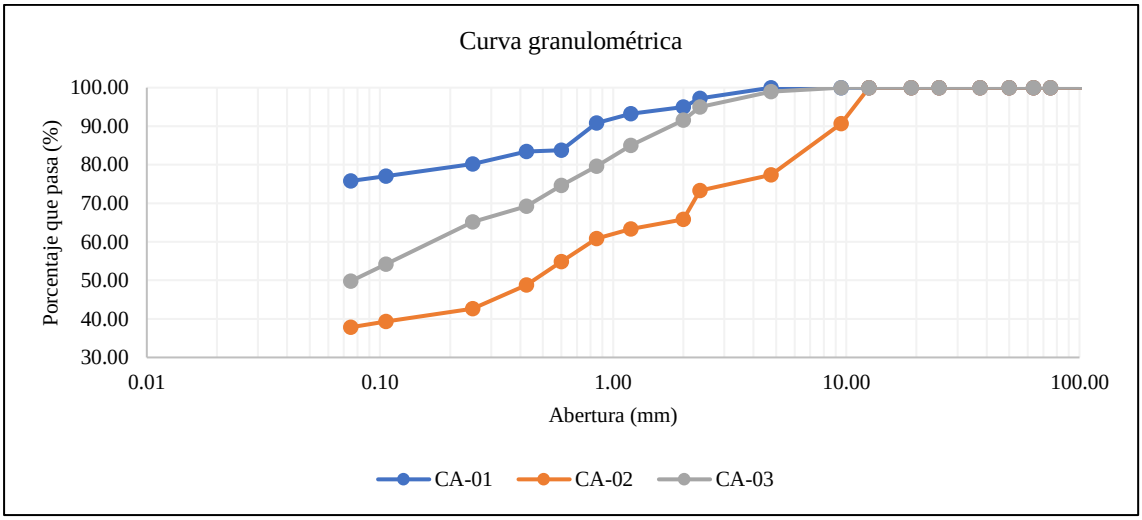
Tabla 34

Composición granulométrica del suelo natural de la subrasante de la carretera

		% que pasa		
Tamiz	**Abertura (mm)**	CA-01	CA-02	CA-03
4"	101.60	100.00	100.00	100.00
3"	75.00	100.00	100.00	100.00
2 1/2"	63.50	100.00	100.00	100.00
2"	50.00	100.00	100.00	100.00
1 1/2"	37.50	100.00	100.00	100.00
1"	25.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12.50	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	100.00	90.67	100.00
N° 4	4.75	100.00	77.33	99.00
N° 8	2.36	97.20	73.33	95.00
N° 10	2.00	95.00	65.83	91.60
N° 16	1.19	93.20	63.33	85.00
N° 20	0.85	90.80	60.83	79.60
N° 30	0.60	83.80	54.83	74.60
N° 40	0.43	83.40	48.83	69.20
N° 60	0.25	80.20	42.67	65.20
N° 140	0.11	77.00	39.33	54.20
N° 200	0.08	75.80	37.83	49.80

Figura 47

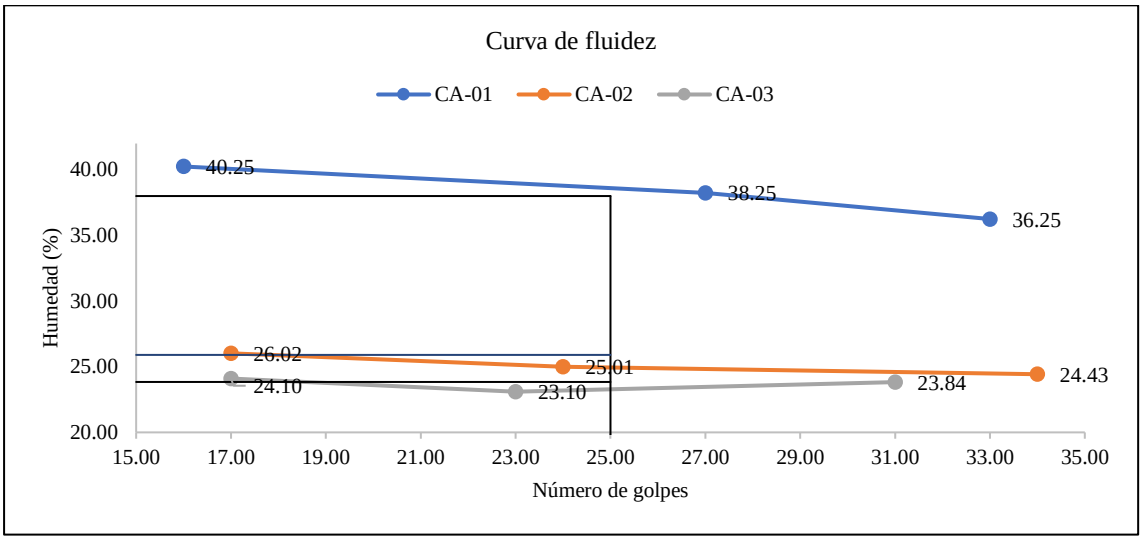
Curva granulométrica del suelo natural de la subrasante de la carretera



Nota. La curva granulométrica muestra que los suelos analizados presentan una distribución predominante de finos, especialmente en la calicata CA-01, lo cual explica su mayor plasticidad y menor capacidad de soporte. En contraste, CA-02 y CA-03 presentan una mejor gradación y un menor contenido de finos, lo que se traduce en un mejor comportamiento mecánico.

Figura 48

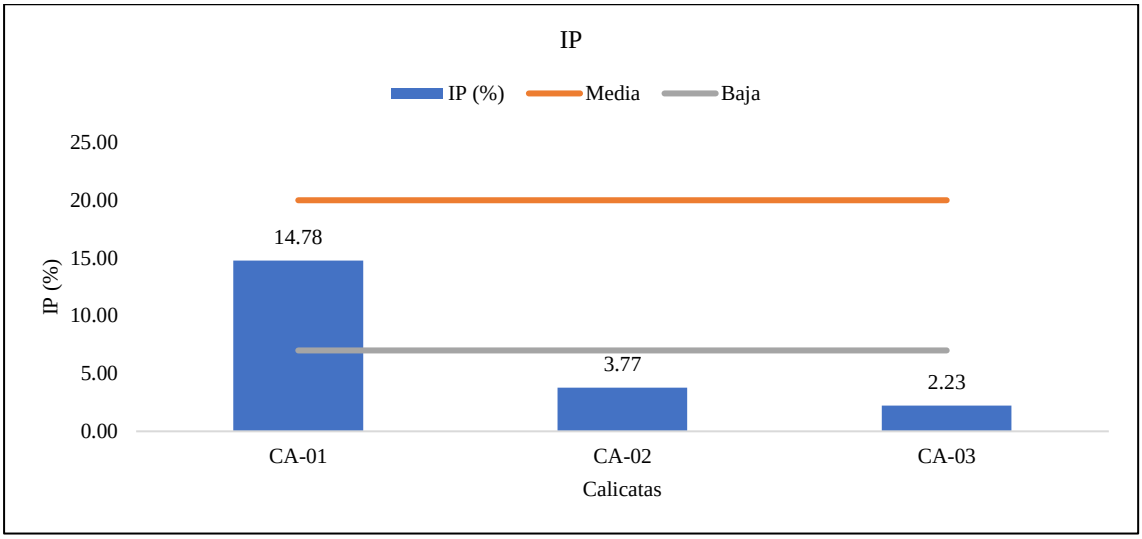
Curva de fluidez del suelo natural de la subrasante de la carretera



Nota. La curva de fluidez evidencia que la calicata CA-01 presenta valores de humedad más altos para el mismo número de golpes, lo que indica una mayor plasticidad que en las calicatas CA-02 y CA-03. Esto confirma su comportamiento cohesivo y su susceptibilidad a las variaciones de la humedad.

Figura 49

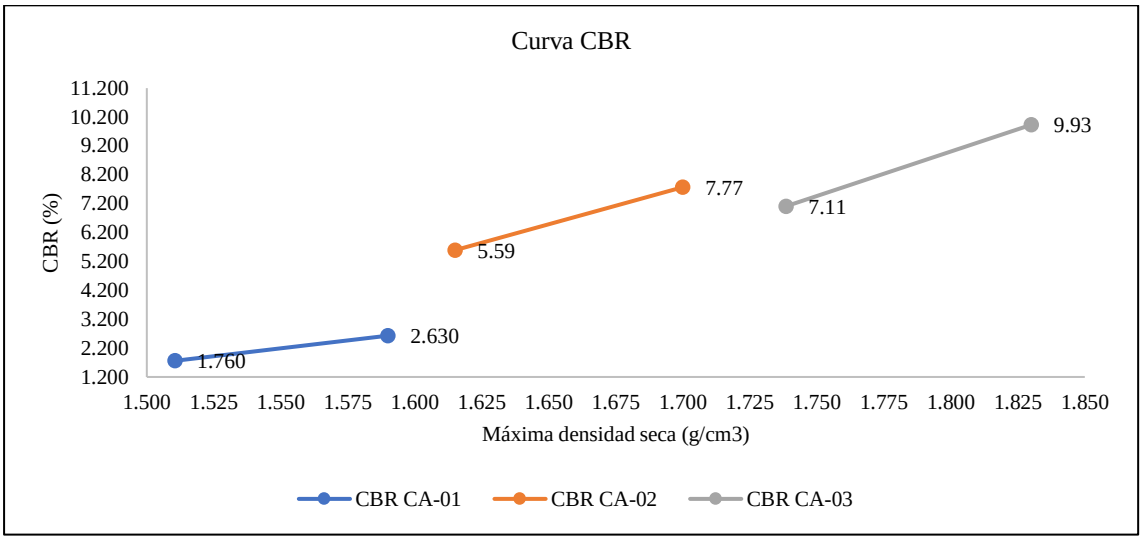
Verificación del índice de plasticidad del suelo natural de la subrasante de la carretera respecto al MTC (2014)



Nota. La figura del índice de plasticidad muestra que solo la calicata CA-01 se encuentra dentro del rango de plasticidad media, mientras que CA-02 y CA-03 se ubican en el rango de baja plasticidad, lo que indica una menor cohesión y un mejor comportamiento frente a cambios volumétricos.

Figura 50

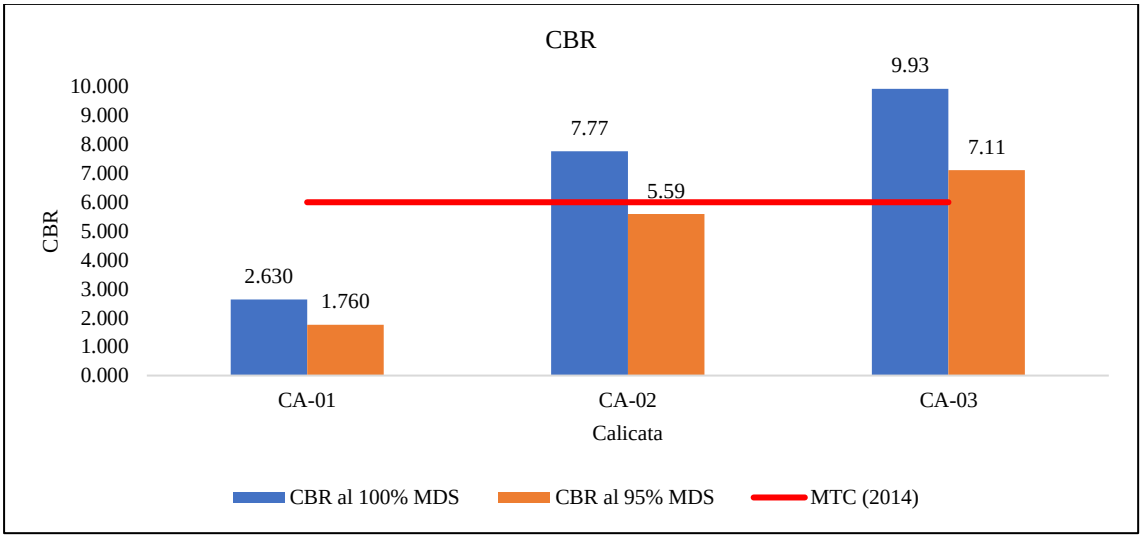
Curva CBR del suelo natural de la subrasante de la carretera



Nota. La curva CBR evidencia que el incremento de la densidad seca se asocia con un aumento de la capacidad de soporte del suelo, siendo CA-03 el que presenta los valores más altos.

Figura 51

Verificación del CBR del suelo natural de la subrasante de la carretera respecto al MTC (2014)



Nota. La verificación del CBR muestra que la calicata CA-01 no cumple con el mínimo de 6% establecido por el MTC (2014), por lo que se clasifica como subrasante inadecuada, mientras que CA-02 y CA-03 cumplen parcialmente y se clasifican como subrasante regular, lo que justifica su mejoramiento.

4.1.2. Mejoramiento del suelo de la subrasante ante la incorporación de fibra de vidrio

a) Calicata CA-01.

La incorporación de fibra de vidrio en la calicata CA-01 mejoró progresivamente el comportamiento físico-mecánico del suelo. La MDS aumentó de 1.59 g/cm³ en estado natural a 1.74 g/cm³ con 1.5% de fibra, mientras que el OCH disminuyó de 17.35% a 15.00%, lo que indica que el suelo alcanzó densidades mayores con un menor requerimiento de humedad. Del mismo modo, el CBR al 100% de MDS aumentó de 2.63% a 7.43% y el CBR al 95% de MDS, de 1.76% a 5.34%, lo que evidencia que la adición de fibra mejoró significativamente la capacidad de soporte del material, especialmente con las dosificaciones más altas.

Tabla 35

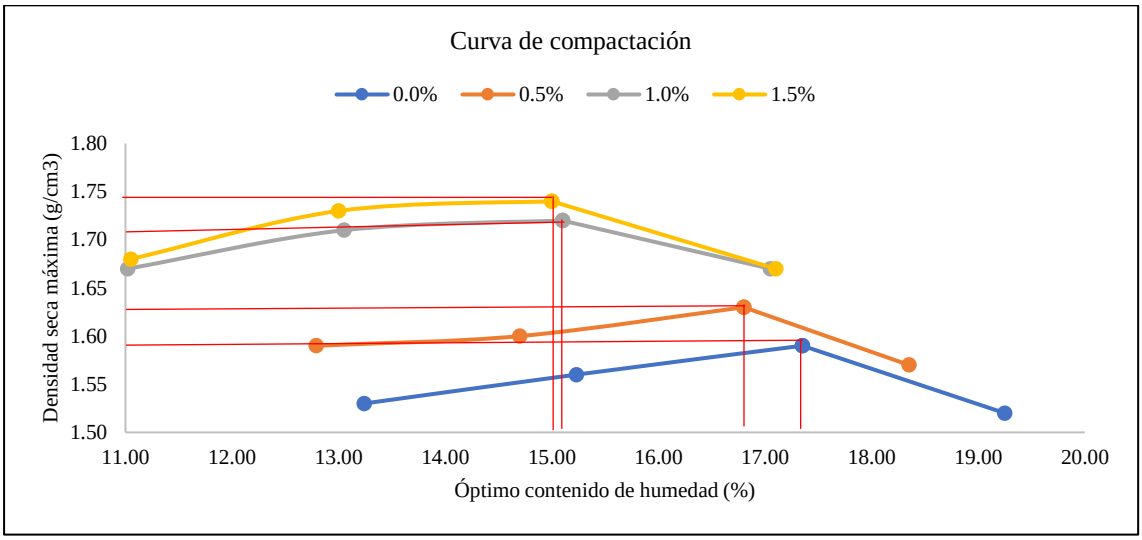
Propiedades físico-mecánicas del suelo de la calicata CA-01 con fibra de vidrio

Propiedades físico-mecánicas	0.0%	0.5%	1.0%	1.5%
MDS (g/cm³)	1.59	1.63	1.72	1.74
OCH (%)	17.35	16.80	15.10	15.00
CBR 100% MDS	2.63	3.53	5.30	7.43
CBR 95% MDS	1.76	2.04	3.49	5.34

La curva de compactación evidencia que la incorporación de fibra desplazó el punto óptimo hacia densidades secas mayores y humedades óptimas menores que las del suelo natural. Se observa que las dosificaciones de 1.0% y 1.5% alcanzaron los valores más altos de MDS, mientras que el contenido de humedad óptimo disminuyó notablemente. Esto indica que la fibra de vidrio favoreció una estructura interna del suelo más estable, lo que permitió una mejor compactación y una respuesta más eficiente al proceso de densificación.

Figura 52

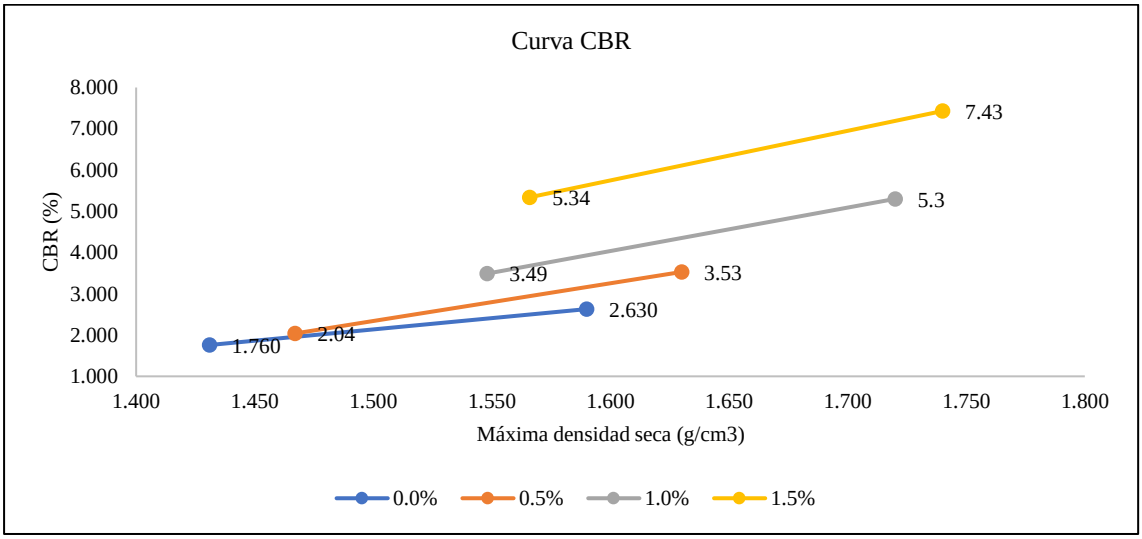
Curva de compactación de la calicata CA-01 con fibra de vidrio



La curva CBR muestra una tendencia ascendente a medida que aumentan la MDS y la dosificación de fibra, observándose los menores valores en el suelo natural y los mayores con 1.5% de fibra de vidrio. Esta relación confirma que el incremento de la compactación fue acompañado de una mejora directa en la capacidad de soporte del suelo, siendo más notorio el efecto a partir de la dosificación de 1.0%.

Figura 53

Curva CBR de la calicata CA-01 con fibra de vidrio



La MDS de la calicata CA-01 aumentó en 2.52% con 0.5% de fibra, en 8.18% con 1.0% y en 9.43% con 1.5%, lo que evidencia una mejora progresiva a medida que aumentó la dosificación. Este comportamiento demuestra que la fibra de vidrio tuvo un efecto positivo en la compactabilidad del suelo, siendo la dosificación de 1.5% la que generó la mayor densificación.

Tabla 36

Porcentaje de variación de la máxima densidad seca de la calicata CA-01 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	MDS (g/cm3)	% de variación
0.0%	1.59	
0.5%	1.63	2.52%
1.0%	1.72	8.18%
1.5%	1.74	9.43%

El OCH disminuyó en 3.17% con 0.5% de fibra, en 12.97% con 1.0% y en 13.54% con 1.5%, lo que indica que el suelo requirió menos agua para alcanzar su compactación óptima a medida que se incorporó una mayor cantidad de fibra. Esta reducción es técnicamente favorable, ya que refleja una mejora en la respuesta de compactación del material.

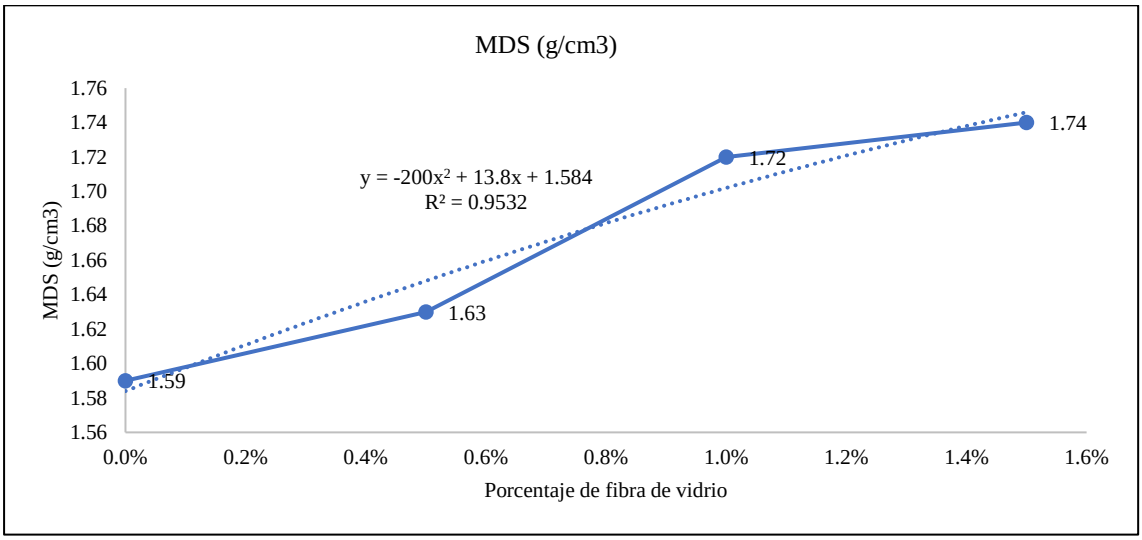
Tabla 37

Porcentaje de variación del óptimo contenido de humedad de la calicata CA-01 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	OCH (%)	% de variación
0.0%	17.35	
0.5%	16.80	-3.17%
1.0%	15.10	-12.97%
1.5%	15.00	-13.54%

Figura 54

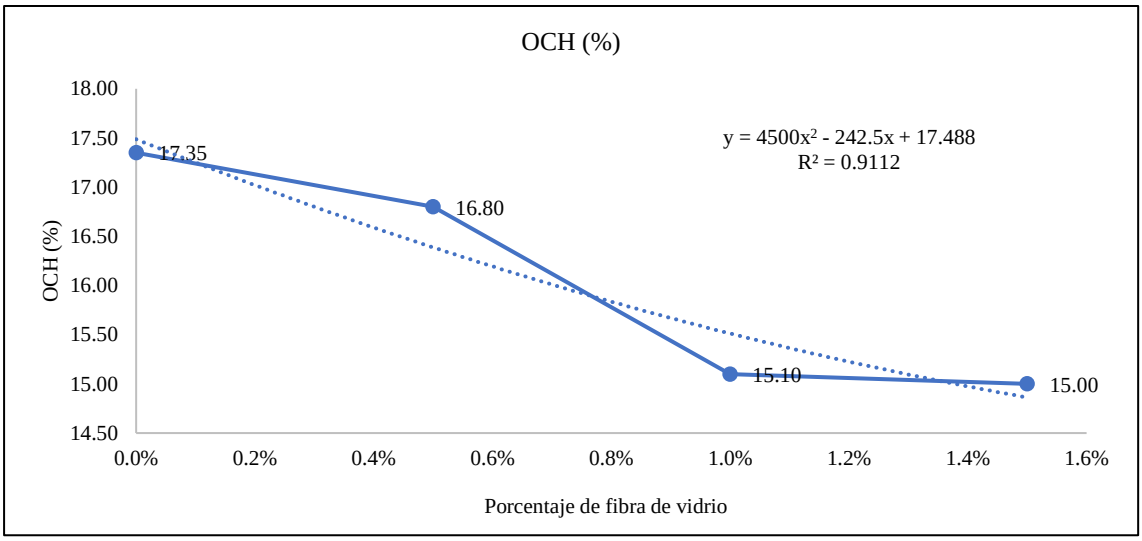
Línea de tendencia de la máxima densidad seca de CA-01 con fibra de vidrio



Nota. La línea de tendencia de la MDS muestra un comportamiento creciente, lo que indica que la adición de fibra de vidrio incrementó la densidad seca máxima en la calicata CA-01. La progresión del 0.0% al 1.5% muestra una respuesta ascendente continua, lo que evidencia que el material reforzado alcanzó estados de compactación más eficientes.

Figura 55

Línea de tendencia del óptimo contenido de humedad de CA-01 con fibra de vidrio



Nota. La tendencia del OCH es descendente, lo que indica que, a medida que aumentó la dosificación de fibra, el suelo requirió un menor contenido de agua para alcanzar la compactación óptima. Esta respuesta refleja una mejora en la interacción suelo-refuerzo, lo que redujo la demanda de humedad del material.

El CBR al 95% de MDS presentó incrementos de 15.91%, 98.30% y 203.41% en las dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%, respectivamente. Estos resultados evidencian que la mejora en la capacidad de soporte fue altamente significativa, sobre todo con 1.5% de fibra, aunque incluso con 1.0% ya se aprecia un aumento sustancial respecto al suelo natural.

Tabla 38

Porcentaje de variación del CBR al 95% MDS de la calicata CA-01 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	CBR al 95% MDS (%)	% de variación
0.0%	1.76	
0.5%	2.04	15.91%
1.0%	3.49	98.30%
1.5%	5.34	203.41%

El CBR al 100% de MDS aumentó en 34.22% con 0.5% de fibra, en 101.52% con 1.0% y en 182.51% con 1.5%. Esto confirma que la incorporación de fibra de vidrio mejoró de manera contundente la resistencia del suelo compactado, siendo la dosificación de 1.5% la de mayor ganancia porcentual.

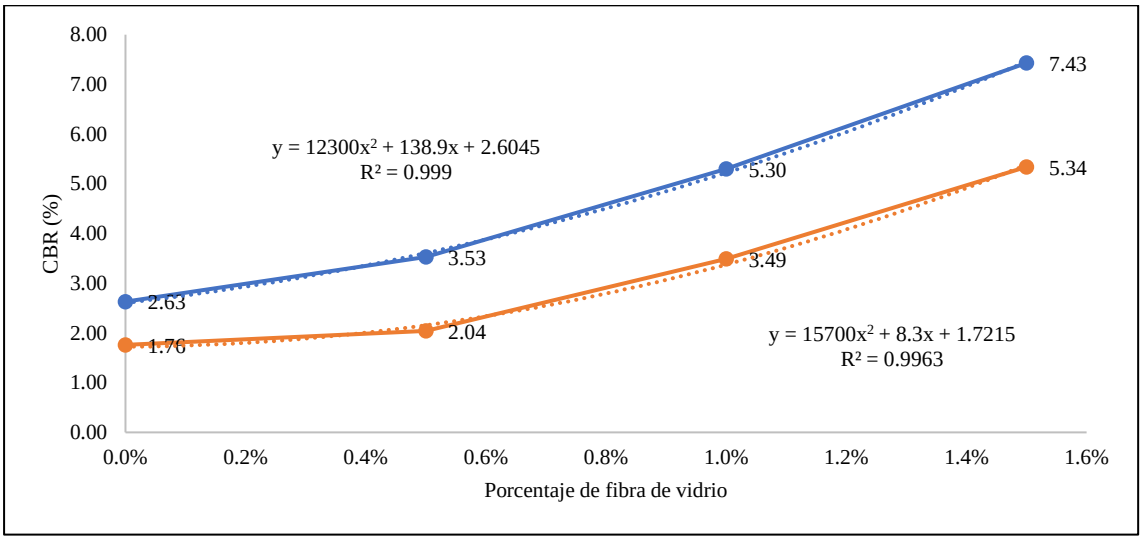
Tabla 39

Porcentaje de variación del CBR al 100% MDS de la calicata CA-01 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	CBR al 100% MDS (%)	% de variación
0.0%	2.63	
0.5%	3.53	34.22%
1.0%	5.30	101.52%
1.5%	7.43	182.51%

Figura 56

Línea de tendencia del CBR de la calicata CA-01 con fibra de vidrio

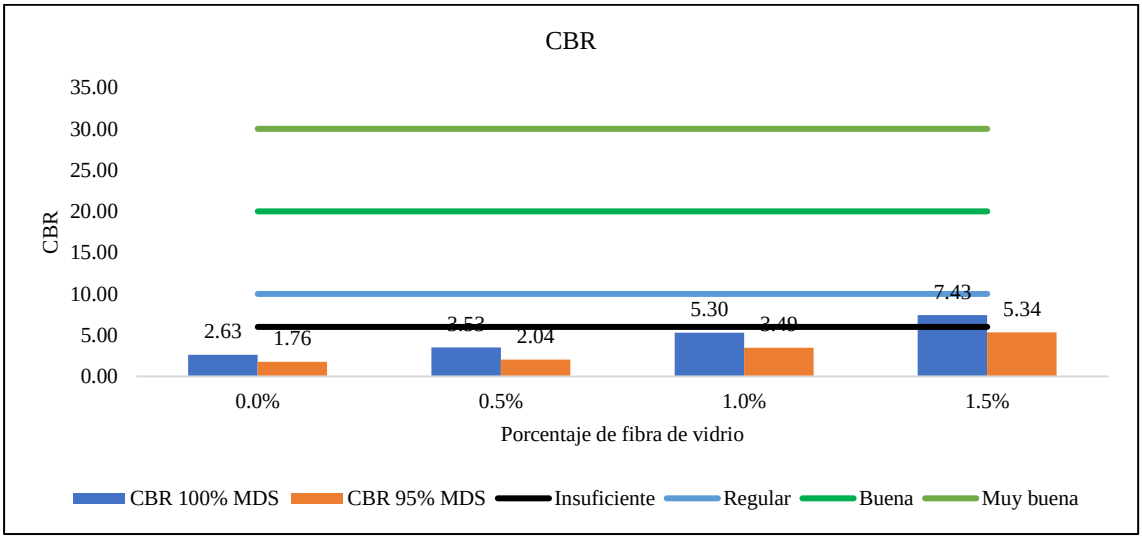


Nota. Tendencia creciente tanto del CBR al 95% como al 100% en MDS, siendo 1.5% la dosificación de mayor efecto.

La verificación del CBR muestra que el suelo natural de la calicata CA-01 se encontraba en condición insuficiente y que, con 0.5% y 1.0% de fibra, se logró una mejora progresiva, aunque aún limitada. Con 1.5% de fibra, el CBR al 100% de MDS superó el umbral de 6%, pasando a condición regular.

Figura 57

Verificación del CBR de CA-01 con fibra de vidrio respecto al MTC (2014)



En la CA-01 a 56 golpes, la resistencia máxima aumentó de 50.33 lb/pulg² en el suelo natural a 125.33 lb/pulg² con 1.5% de fibra de vidrio. El incremento fue de 149.01%, por lo que la dosificación de 1.5% presentó el mejor comportamiento mecánico. La resistencia máxima se alcanzó a 0.50 pulg, sin caída pospico, lo que indica un endurecimiento progresivo. En la CA-01 a 25 golpes, el mejor desempeño también correspondió al suelo con 1.5% de fibra, alcanzando 107.67 lb/pulg², frente a 43.33 lb/pulg² del suelo natural. El incremento fue de 148.46%. La curva muestra una mayor capacidad de resistir la penetración a medida que aumenta la profundidad de penetración, lo que evidencia una mayor continuidad de la resistencia del suelo tratado. En la CA-01 a 12 golpes, la resistencia máxima pasó de 36.00 lb/pulg² en suelo natural a 93.00 lb/pulg² con 1.5% de fibra. El incremento fue de 158.33%. Este resultado confirma que, incluso con una menor energía de compactación, la fibra de vidrio incrementó la capacidad mecánica del suelo arcilloso de la CA-01.

Figura 58

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 56 golpes, CA-01

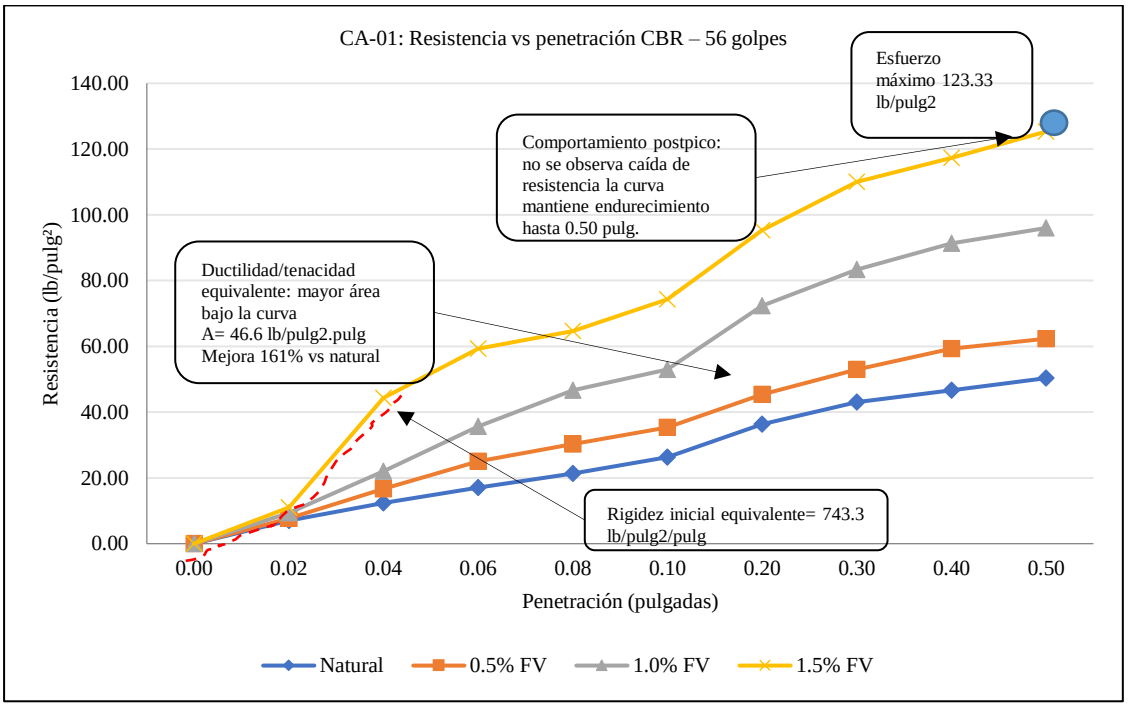


Figura 59

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 25 golpes, CA-01

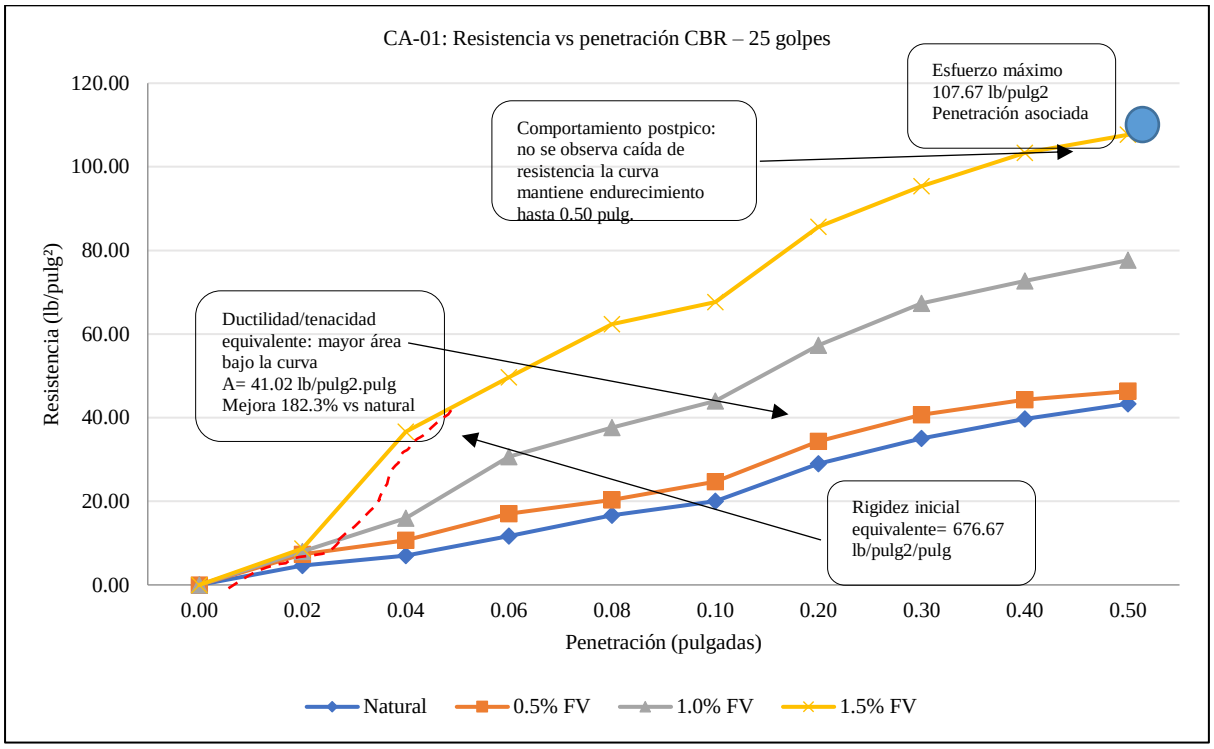
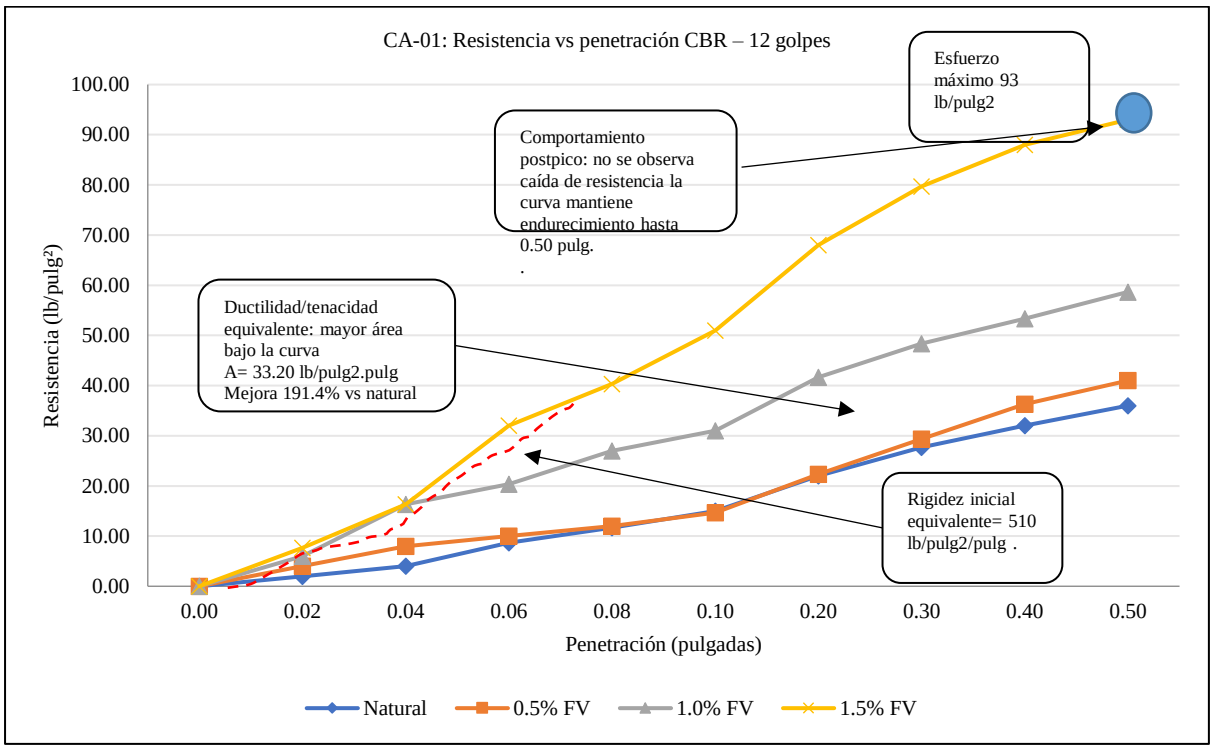


Figura 60

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 12 golpes, CA-01



b) Calicata CA-02.

La calicata CA-02 la incorporación de fibra de vidrio mejoró inicialmente las propiedades físico-mecánicas del suelo, alcanzando su mejor comportamiento con 1.0% de dosificación. La MDS aumentó de 1.70 a 1.82 g/cm³ y el OCH disminuyó de 13.20% a 12.35%, mientras que el CBR al 100% de MDS aumentó de 7.77% a 10.30% y el CBR al 95% de MDS aumentó de 5.59% a 8.48%. Sin embargo, con 1.5% de fibra se observó una ligera reducción de estos valores, lo que indica que una dosificación superior no produjo una mejora adicional y que el contenido óptimo de refuerzo para esta calicata fue de 1.0%.

Tabla 40

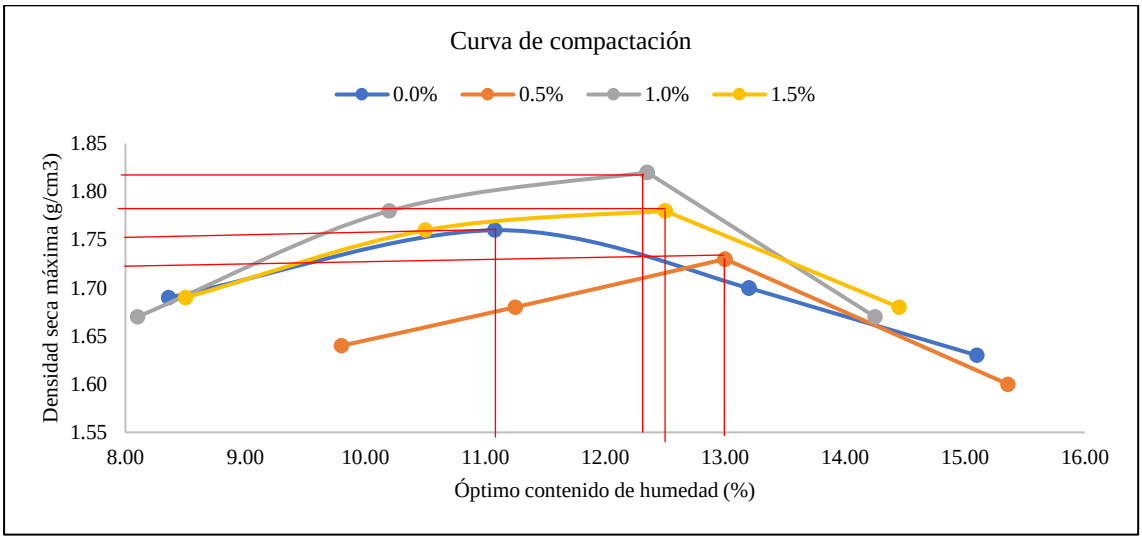
Propiedades físico-mecánicas del suelo de la calicata CA-02 con fibra de vidrio

Propiedades físico-mecánicas	0.0%	0.5%	1.0%	1.5%
MDS (g/cm³)	1.70	1.73	1.82	1.78
OCH (%)	13.20	13.00	12.35	12.50
CBR 100% MDS	7.77	8.47	10.30	9.57
CBR 95% MDS	5.59	6.26	8.48	7.36

La curva de compactación muestra que la dosificación del 1.0% alcanzó el punto óptimo, con el mayor MDS y el menor OCH entre las dosificaciones. La curva correspondiente a 1.5% de fibra, aunque mejora respecto al suelo natural, presenta un comportamiento ligeramente inferior al de 1.0%, lo que evidencia que el beneficio de la fibra no fue lineal y que el mejor equilibrio entre humedad y densidad se alcanzó con 1.0%.

Figura 61

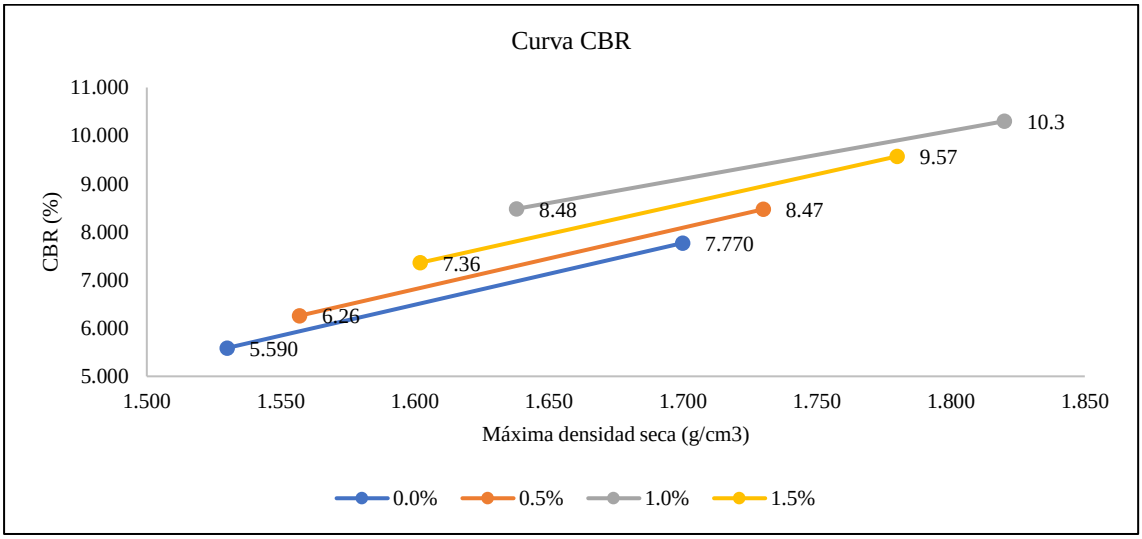
Curva de compactación de la calicata CA-02 con fibra de vidrio



La curva CBR presenta una tendencia ascendente desde el suelo natural hasta la dosificación de 1.0%, donde se alcanza el valor máximo de resistencia, seguida de una ligera disminución hasta 1.5%. Esto indica que el refuerzo mejoró la capacidad de soporte de la calicata CA-02, pero el comportamiento óptimo se obtuvo con una dosificación intermedia.

Figura 62

Curva CBR de la calicata CA-02 con fibra de vidrio



La MDS de la calicata CA-02 aumentó respecto al suelo natural, pasando de 1.70 g/cm³ a 1.73 g/cm³ con 0.5% de fibra, a 1.82 g/cm³ con 1.0% y a 1.78 g/cm³ con 1.5%. La mayor variación se obtuvo con 1.0% de fibra de vidrio, alcanzando un incremento de 7.06%, lo que evidencia una mejor densificación del suelo. Sin embargo, al aumentar la dosificación a 1.5%, la mejora disminuyó a 4.71%, por una menor compactación debida al exceso de fibras. Por ello, la dosificación de 1.0% fue la más favorable para la MDS en la CA-02.

Tabla 41

Porcentaje de variación de la máxima densidad seca de CA-02 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	MDS (g/cm3)	% de variación
0.0%	1.70	
0.5%	1.73	1.76%
1.0%	1.82	7.06%
1.5%	1.78	4.71%

La disminución del OCH fue de 1.52% con 0.5%, 6.44% con 1.0% y 5.30% con 1.5%, lo que evidencia que la menor demanda de humedad se logró con 1.0%. Por ello, esta dosificación resultó ser la más eficiente para la compactación del suelo de la calicata CA-02.

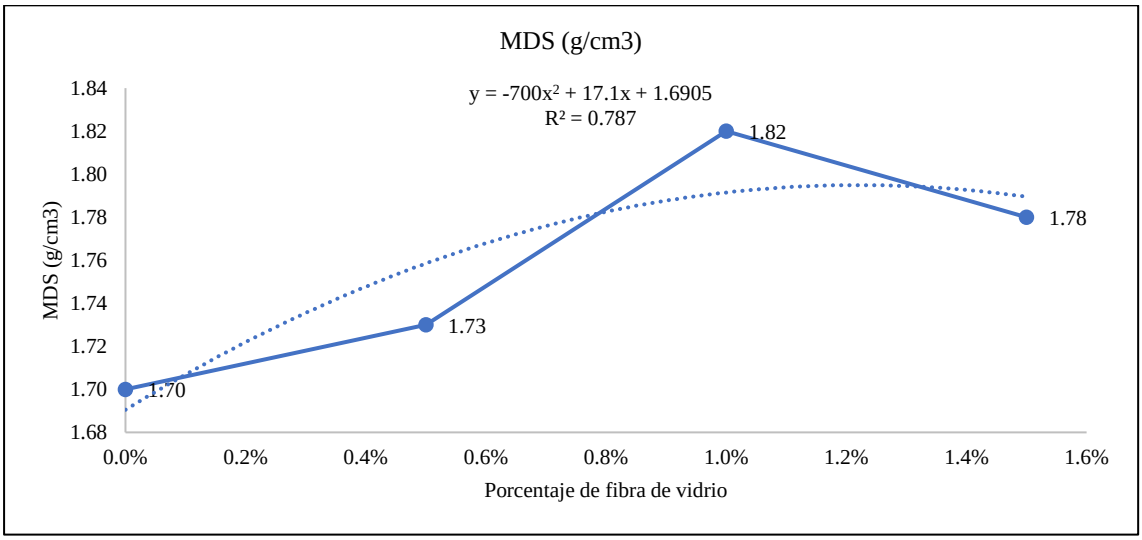
Tabla 42

Porcentaje de variación del óptimo contenido de humedad de la calicata CA-02 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	OCH (%)	% de variación
0.0%	13.20	
0.5%	13.00	-1.52%
1.0%	12.35	-6.44%
1.5%	12.50	-5.30%

Figura 63

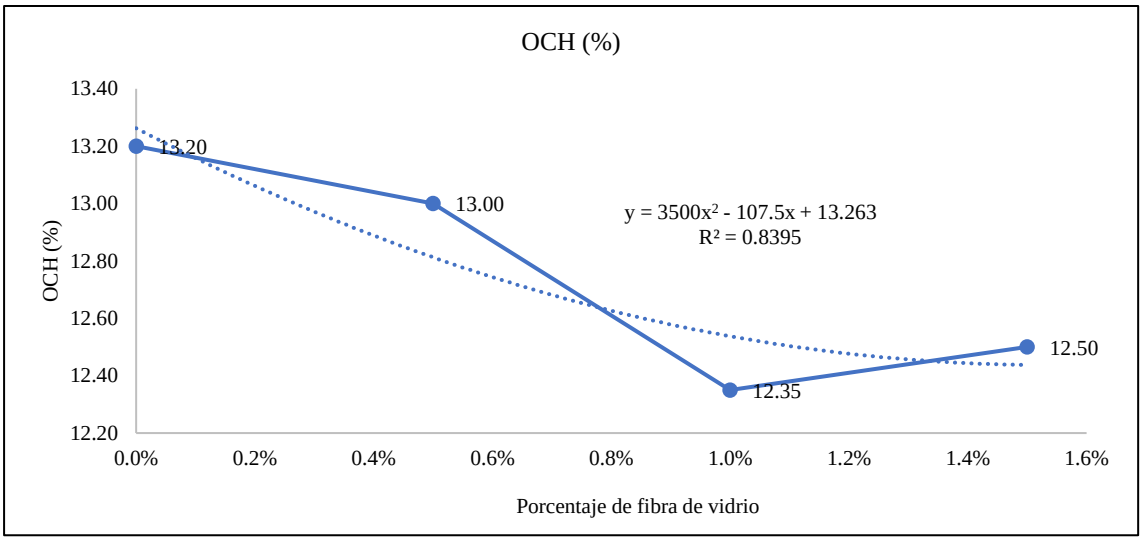
Línea de tendencia de la máxima densidad seca de CA-02 con fibra de vidrio



Nota. La tendencia de la MDS presenta un incremento hasta la dosificación del 1.0%, seguido de un descenso moderado a 1.5%. Este comportamiento indica que la fibra de vidrio mejoró la compactación del suelo hasta un punto óptimo, a partir del cual el aumento de refuerzo ya no produjo una mejora adicional.

Figura 64

Línea de tendencia del óptimo contenido de humedad de CA-02 con fibra de vidrio



Nota. Tendencia descendente del OCH hasta 1.0% de fibra y un ligero incremento con 1.5%, lo que confirma que la menor humedad óptima se alcanzó con la dosificación intermedia. En consecuencia, 1.0% representó la condición más favorable de compactación para esta calicata.

Hay incrementos del CBR al 95% de MDS: 11.99% con 0.5%, 51.70% con 1.0% y 31.66% con 1.5%. Estos resultados muestran que la mayor mejora en capacidad de soporte se alcanzó con 1.0% de fibra, mientras que con 1.5% el rendimiento siguió siendo favorable, pero inferior al óptimo.

Tabla 43

Porcentaje de variación del CBR al 95% MDS de la calicata CA-02 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	CBR al 95% MDS (%)	% de variación
0.0%	5.59	
0.5%	6.26	11.99%
1.0%	8.48	51.70%
1.5%	7.36	31.66%

El CBR al 100% de MDS aumentó en 9.01% con 0.5%, en 32.56% con 1.0% y en 23.17% con 1.5%, lo que refuerza que la dosificación de 1.0% fue la que presentó el mejor desempeño mecánico en la calicata CA-02.

Tabla 44

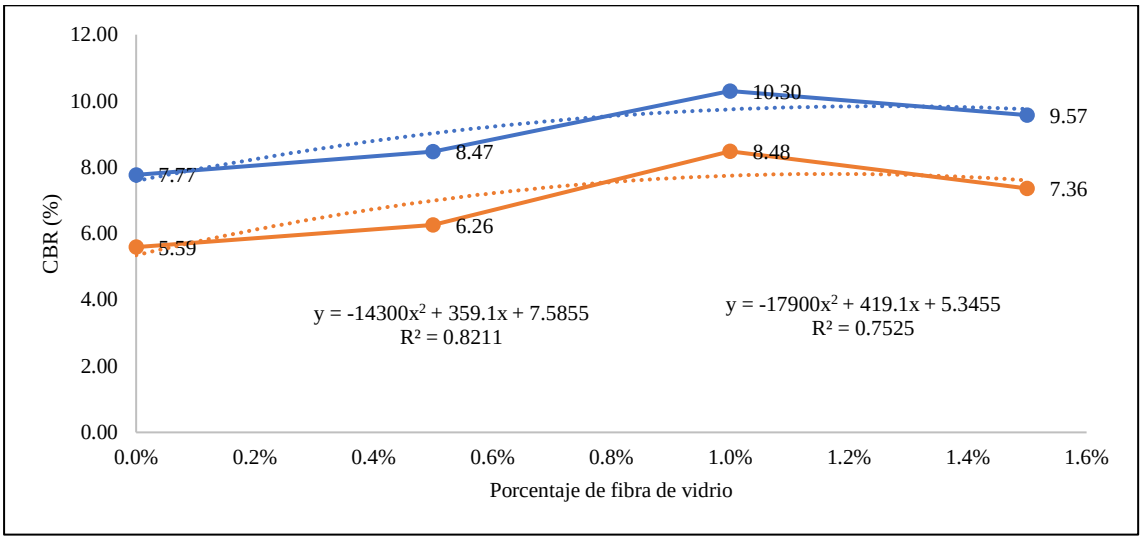
Porcentaje de variación del CBR al 100% MDS de la calicata CA-02 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	CBR al 100% MDS (%)	% de variación
0.0%	7.77	
0.5%	8.47	9.01%
1.0%	10.30	32.56%
1.5%	9.57	23.17%

La tendencia del CBR es creciente hasta 1.0% de fibra, donde se registran los valores máximos, y decreciente con 1.5%. Esta respuesta muestra que el refuerzo mejoró la capacidad de soporte del suelo, pero el efecto óptimo se alcanzó con una dosificación moderada.

Figura 65

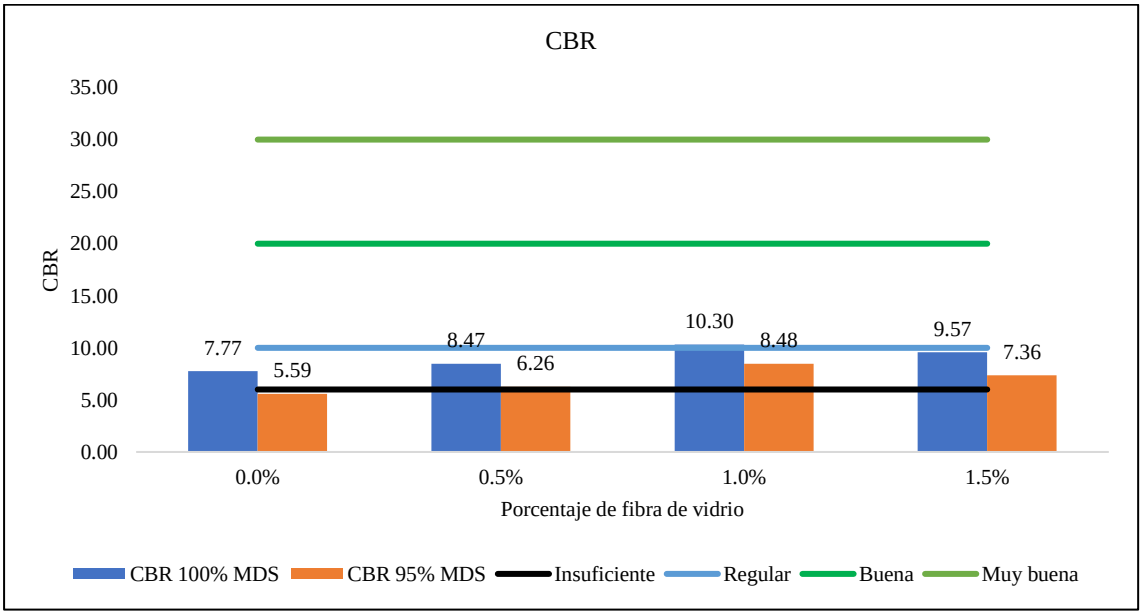
Línea de tendencia del CBR de la calicata CA-02 con fibra de vidrio



La verificación del CBR muestra que el suelo natural de la calicata CA-02 con 0.5% de fibra presentó una mejora moderada, mientras que con 1.0% se superó con mayor claridad el umbral del 6%, consolidando una condición regular más favorable. Aunque con 1.5% los valores siguieron por encima del estado inicial, fueron inferiores a los de 1.0%, por lo que esta última dosificación resultó ser la más conveniente.

Figura 66

Verificación del CBR de CA-02 con fibra de vidrio respecto al MTC (2014)



En la CA-02 a 56 golpes, la resistencia máxima aumentó de 164.33 lb/pulg² en el suelo natural a 205.33 lb/pulg² con 1.0% de fibra. El incremento fue de 24.95%. La dosificación del 1.0% fue la más favorable, mientras que con el 1.5% se observa una reducción relativa, lo que sugiere que el exceso de fibra puede afectar la compactación o la distribución interna del refuerzo. En la CA-02 a 25 golpes, el mayor valor se obtuvo nuevamente con 1.0% de fibra, alcanzando 175.00 lb/pulg², frente a 151.00 lb/pulg² del suelo natural. El incremento fue de 15.89%. La curva mantiene un crecimiento progresivo sin pérdida pospico, lo que indica una mejora moderada pero consistente. En la CA-02 a 12 golpes, la resistencia máxima pasó de 113.67 lb/pulg² en el suelo natural a 133.00 lb/pulg² con 1.0% de fibra. El incremento fue de 17.01%. Esto confirma que, para la CA-02, la dosificación óptima no fue la mayor, sino la intermedia, coherente con un suelo granular con fracción fina, en el que el exceso de fibra puede reducir la eficiencia del contacto entre partículas.

Figura 67

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 56 golpes, CA-02

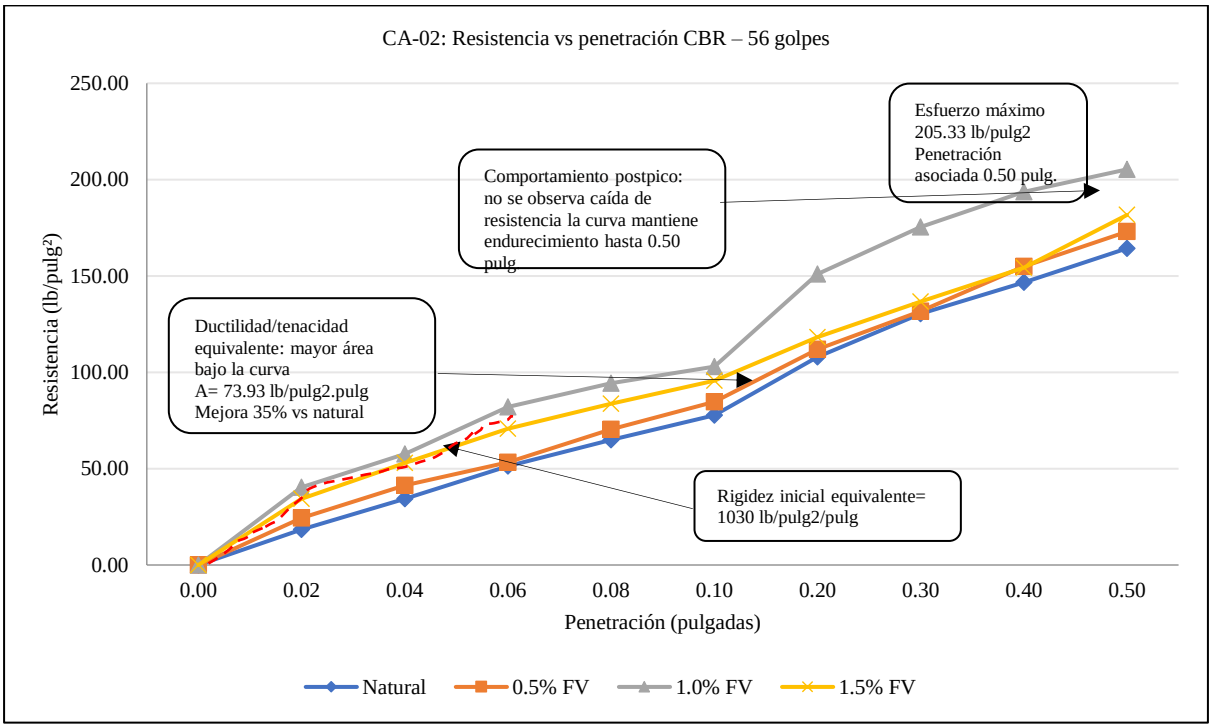


Figura 68

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 25 golpes, CA-02

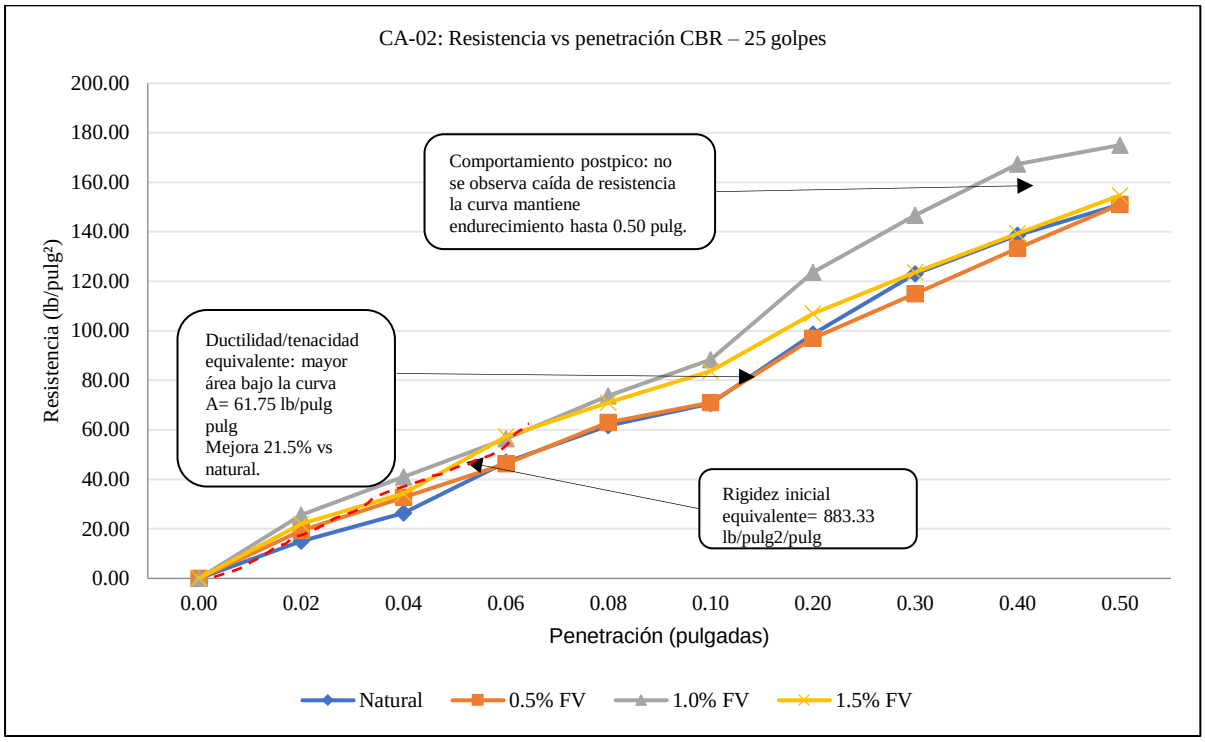
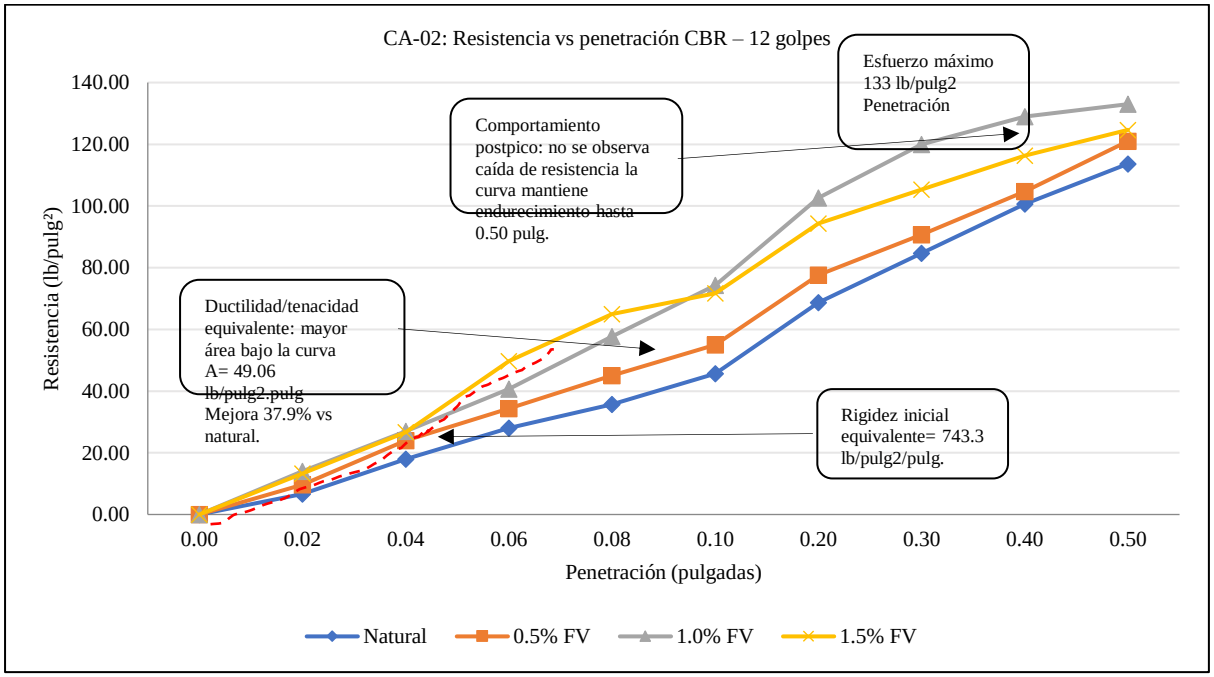


Figura 69

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 12 golpes, CA-02



c) Calicata CA-03.

La calicata CA-03 mostró una mejora general de sus propiedades físico-mecánicas con la incorporación de fibra de vidrio, especialmente hasta la dosificación de 1.0%. En esta proporción se obtuvo la mayor máxima densidad seca, con 1.90 g/cm³, y el menor contenido óptimo de humedad, con 10.50%, lo que indica una mejor compactación del suelo con menor requerimiento de agua. Asimismo, los valores de CBR alcanzaron sus máximos resultados, con 13.23% al 100% de MDS y 10.64% al 95% de MDS, evidenciando un incremento de la capacidad de soporte. Sin embargo, con 1.5% de fibra se observó una ligera reducción en la MDS y en los valores de CBR, aunque estos continuaron siendo superiores al suelo natural. Por tanto, la dosificación de 1.0% de fibra de vidrio fue la más favorable para mejorar el comportamiento físico-mecánico de la calicata CA-03.

Tabla 45

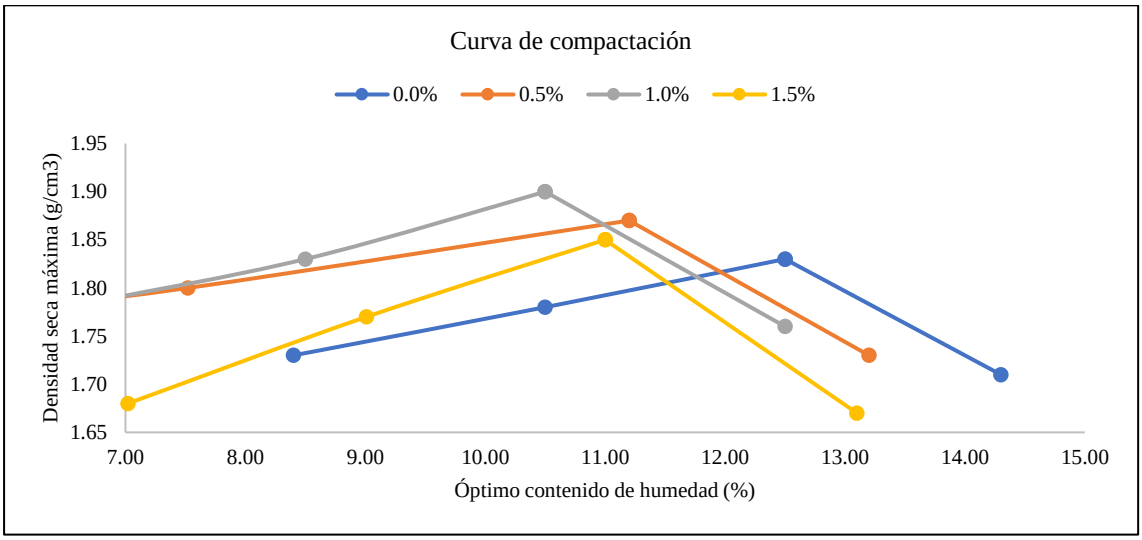
Propiedades físico-mecánicas del suelo de la calicata CA-03 con fibra de vidrio

Propiedades físico-mecánicas	0.0%	0.5%	1.0%	1.5%
MDS (g/cm³)	1.83	1.87	1.90	1.85
OCH (%)	12.50	11.20	10.50	11.00
CBR 100% MDS	9.93	10.67	13.23	10.50
CBR 95% MDS	7.11	8.42	10.64	8.08

La curva de compactación evidencia que la dosificación de 1.0% alcanzó el punto óptimo más favorable, con la mayor MDS y el menor OCH. Las curvas con 0.5% y 1.5% también muestran una mejora respecto al suelo natural, pero no superan el rendimiento de 1.0%, por lo que la gráfica confirma que esta dosificación produjo la mejor respuesta de compactación.

Figura 70

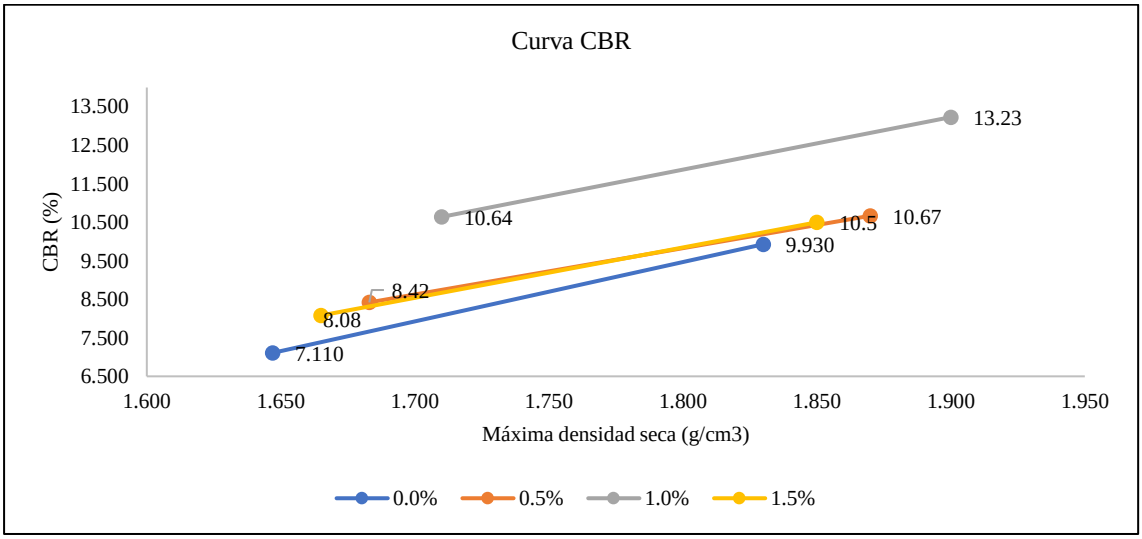
Curva de compactación de la calicata CA-03 con fibra de vidrio



La relación entre la densidad seca y el CBR en la calicata CA-03 muestra que la fibra de vidrio mejora la capacidad de soporte hasta una dosificación de 1.0%, donde se alcanzó el mayor CBR (13.23%), asociado a la máxima densidad seca. Sin embargo, con 1.5% el CBR disminuyó ligeramente, lo que indica que el contenido óptimo de fibra se aproxima al 1.0%.

Figura 71

Curva CBR de la calicata CA-03 con fibra de vidrio



La incorporación de fibra de vidrio en la calicata CA-03 produjo inicialmente un aumento de la densidad seca máxima respecto al suelo natural, registrándose incrementos de 2.19% con 0.5% de fibra y de 3.83% con 1.0%, lo que indica una mejora en la compactación del material. Sin embargo, al aumentar la dosificación a 1.5%, la variación positiva se redujo a 1.09%, evidenciando que el beneficio no continúa de forma proporcional con mayores contenidos de fibra.

Tabla 46

Porcentaje de variación de la máxima densidad seca de CA-03 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	MDS (g/cm3)	% de variación
0.0%	1.83	
0.5%	1.87	2.19%
1.0%	1.90	3.83%
1.5%	1.85	1.09%

La adición de fibra de vidrio redujo el contenido óptimo de humedad en ambas dosificaciones evaluadas para la calicata CA-03, con disminuciones de 10.40% para 0.5%, 16.00% para 1.0% y 12.00% para 1.5% respecto al suelo natural. La mayor reducción se presentó con 1.0% de fibra, lo que indica que esta dosificación permitió alcanzar una mejor condición de compactación con menor requerimiento de agua.

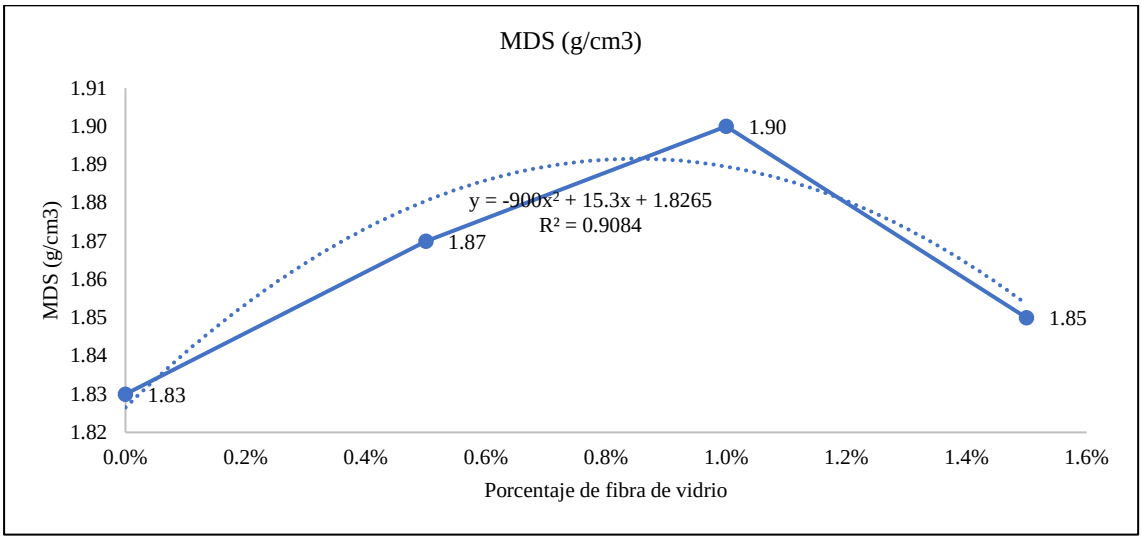
Tabla 47

Porcentaje de variación del óptimo contenido de humedad de la calicata CA-03 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	OCH (%)	% de variación
0.0%	12.50	
0.5%	11.20	-10.40%
1.0%	10.50	-16.00%
1.5%	11.00	-12.00%

Figura 72

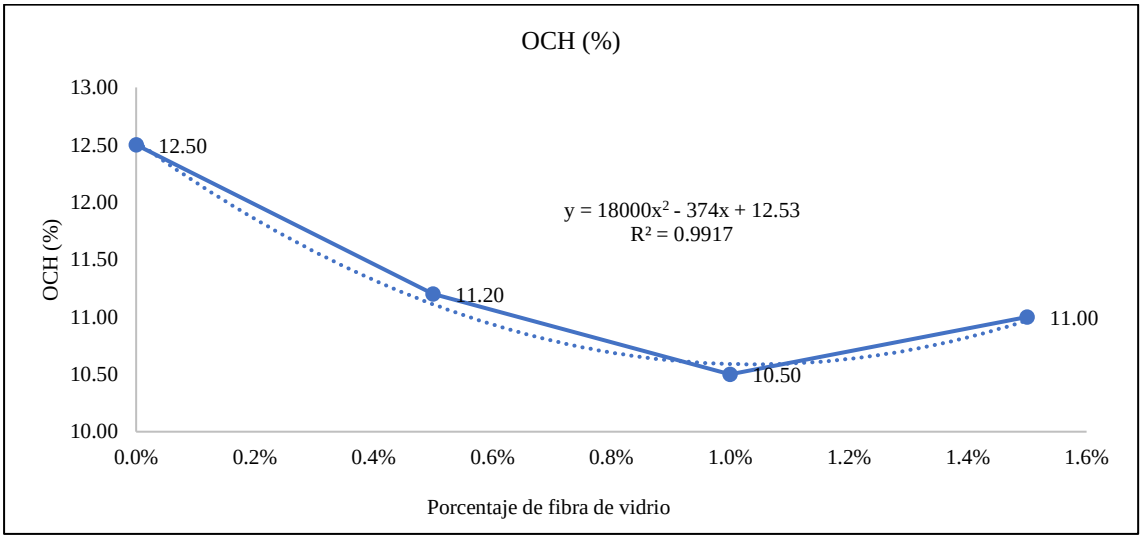
Línea de tendencia de la máxima densidad seca de CA-03 con fibra de vidrio



Nota. La línea de tendencia de la MDS para la calicata CA-03 muestra un comportamiento no lineal, en el que la densidad seca máxima aumenta hasta alcanzar su valor máximo en la dosificación de 1.0% de fibra (1.90 g/cm³), seguida de una disminución en la dosificación de 1.5%.

Figura 73

Línea de tendencia del óptimo contenido de humedad de CA-03 con fibra de vidrio



Nota. La Figura correspondiente al OCH muestra una tendencia decreciente hasta la dosificación del 1.0%, donde se alcanza el valor mínimo (10.50%), seguido de un ligero incremento hasta el 1.5%. Este comportamiento indica que la incorporación de fibra reduce la cantidad de agua necesaria para alcanzar la máxima compactación.

El CBR al 95% de la densidad seca máxima en la calicata CA-03 aumentó con todas las dosificaciones de fibra de vidrio, registrando incrementos de 18.42% con 0.5%, 49.65% con 1.0% y 13.64% con 1.5% en comparación con el estado natural. El mayor incremento se obtuvo con la dosificación de 1.0%, lo que demuestra que esta proporción fue la más efectiva para mejorar la capacidad de soporte del suelo. Por otro lado, la reducción del porcentaje de mejora en 1.5% confirma que el exceso de fibra no mantiene la misma eficiencia mecánica observada en la dosificación óptima.

Tabla 48

Porcentaje de variación del CBR al 95% MDS de CA-03 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	CBR al 95% MDS (%)	% de variación
0.0%	7.11	
0.5%	8.42	18.42%
1.0%	10.64	49.65%
1.5%	8.08	13.64%

El CBR al 100% de la densidad seca máxima también experimentó incrementos positivos en ambas dosificaciones de fibra de vidrio para la calicata CA-03, con variaciones de 7.45% para 0.5%, 33.23% para 1.0% y 5.74% para 1.5%. El mayor incremento volvió a registrarse con 1.0% de fibra, confirmando que esta dosificación proporcionó el mejor desempeño mecánico del suelo. En contraste, la mejora obtenida con 1.5% fue menor incluso que la alcanzada con 0.5%.

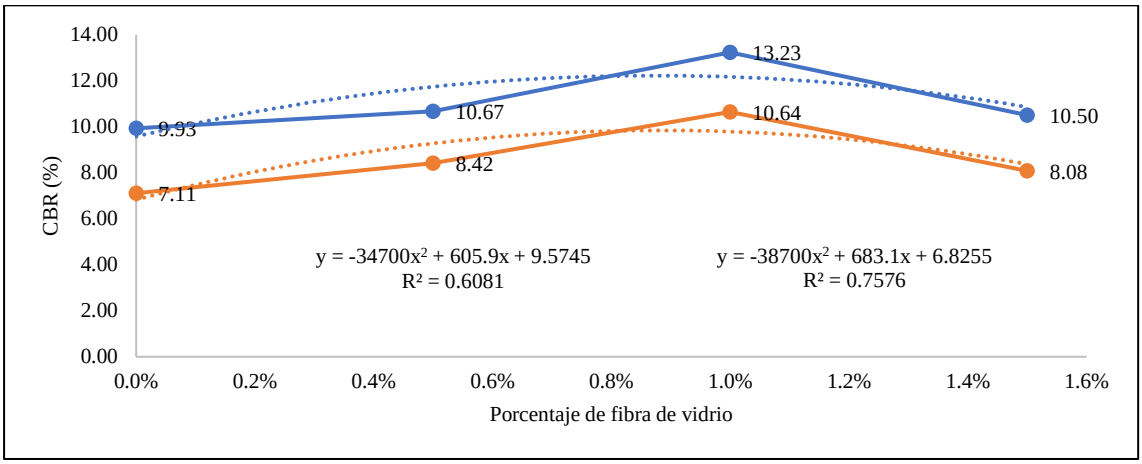
Tabla 49

Porcentaje de variación del CBR al 100% MDS de CA-03 con fibra de vidrio

Porcentaje de fibra de vidrio	CBR al 100% MDS (%)	% de variación
0.0%	9.93	
0.5%	10.67	7.45%
1.0%	13.23	33.23%
1.5%	10.50	5.74%

Figura 74

Línea de tendencia del CBR de la calicata CA-03 con fibra de vidrio

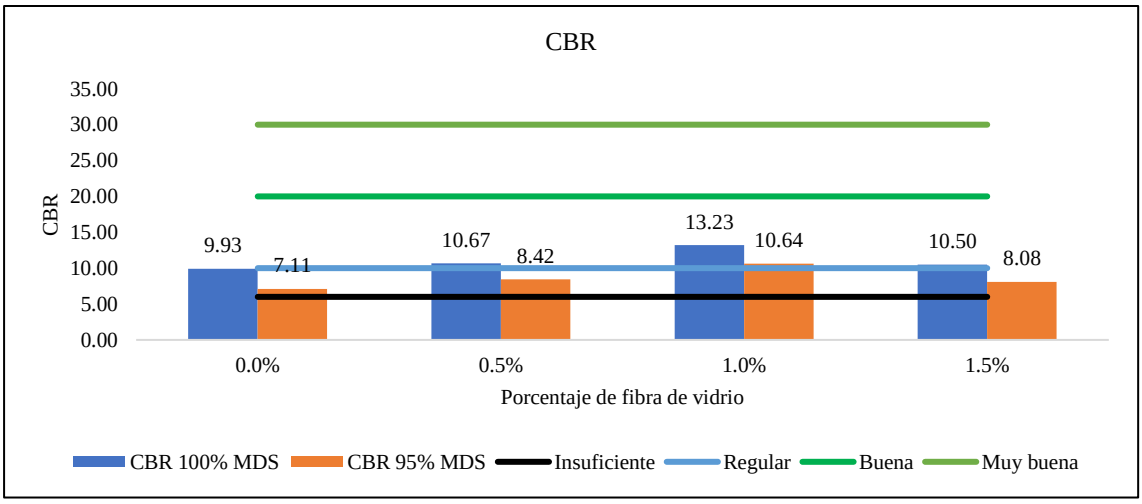


Nota. La línea de tendencia del CBR evidencia un incremento significativo de la capacidad de soporte hasta la dosificación de 1.0%, tanto para el CBR al 95% como al 100% de la MDS.

El CBR muestra que, en estado natural, la calicata CA-03 se clasifica como subrasante regular; sin embargo, con la incorporación de fibra de vidrio, especialmente al 1.0%, el CBR supera el umbral del 10%, alcanzando la categoría de subrasante buena según el MTC (2014). No obstante, al incrementar la dosificación a 1.5%, se observa una ligera reducción del CBR, aunque el material aún mantiene una clasificación aceptable. Esto confirma que la adición de fibra de vidrio al 1.0% es más eficiente.

Figura 75

Verificación del CBR de CA-03 con fibra de vidrio respecto al MTC (2014)



En la CA-03 a 56 golpes, la resistencia máxima aumentó de 174.00 lb/pulg² en el suelo natural a 231.67 lb/pulg² con 1.0% de fibra. El incremento fue de 33.14%. La curva con 1.0% se mantiene por encima de las demás, por lo que esta dosificación representa la mejor respuesta mecánica de la calicata. En la CA-03 a 25 golpes, el suelo con 1.0% de fibra alcanzó 183.33 lb/pulg², frente a 151.00 lb/pulg² del suelo natural. El incremento fue de 21.41%. La respuesta confirma una mejora de la rigidez y resistencia, aunque el tratamiento con 1.5% no supera al de 1.0%, lo cual refuerza la existencia de una dosificación óptima. En la CA-03 a 12 golpes, la resistencia máxima pasó de 120.33 lb/pulg² en el suelo natural a 147.67 lb/pulg² con 1.0% de fibra. El incremento fue de 22.71%. El comportamiento fue progresivo, sin caída pospico, lo que evidencia que la fibra favorece la continuidad resistente del material aun en condiciones de menor compactación.

Figura 76

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 56 golpes, CA-03

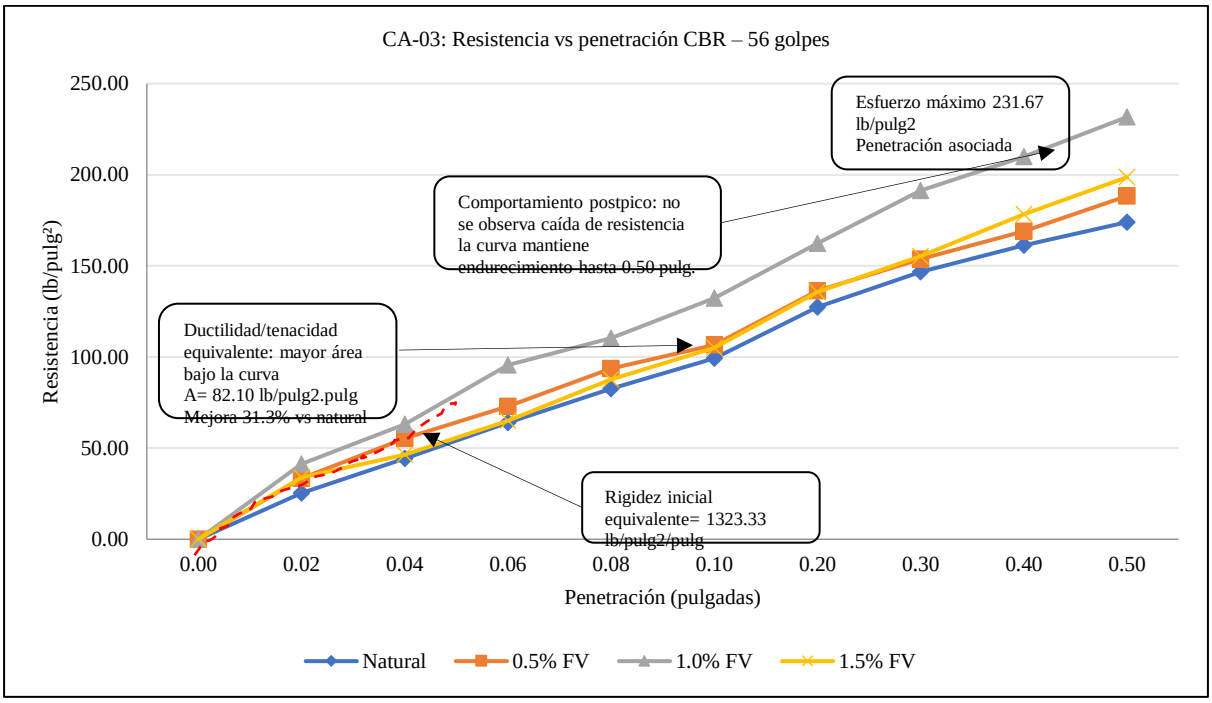


Figura 77

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 25 golpes, CA-03

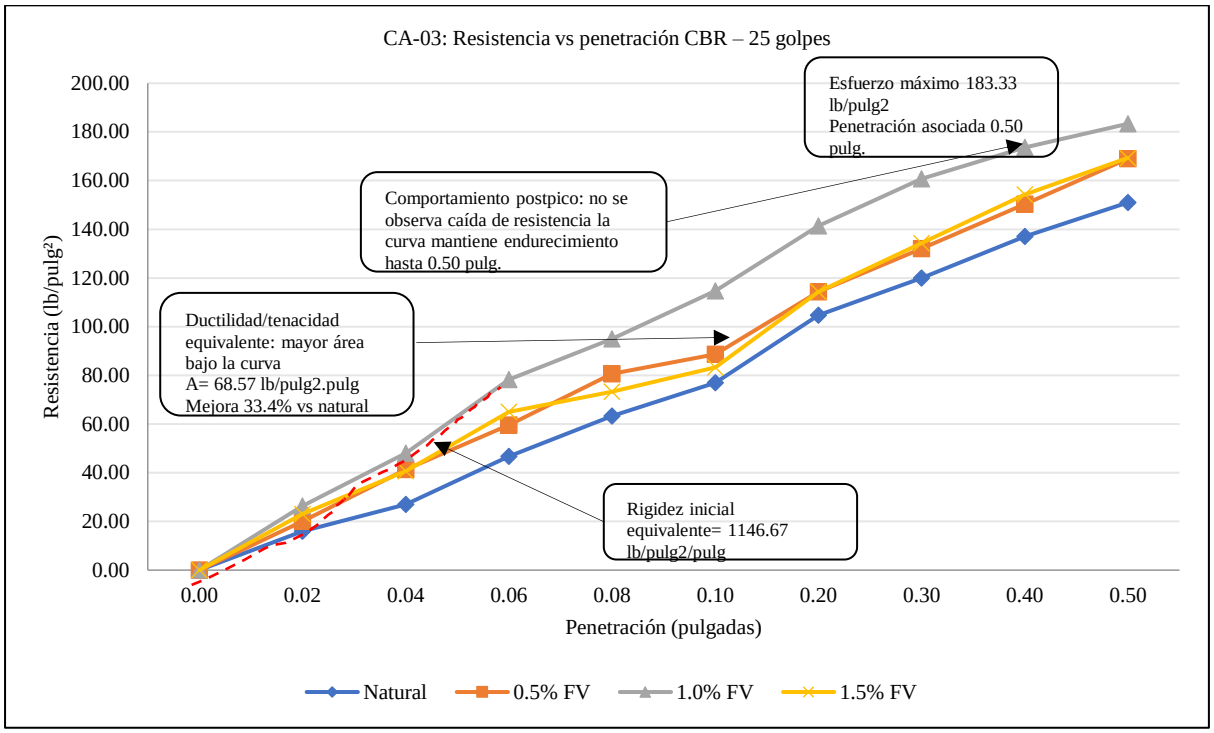
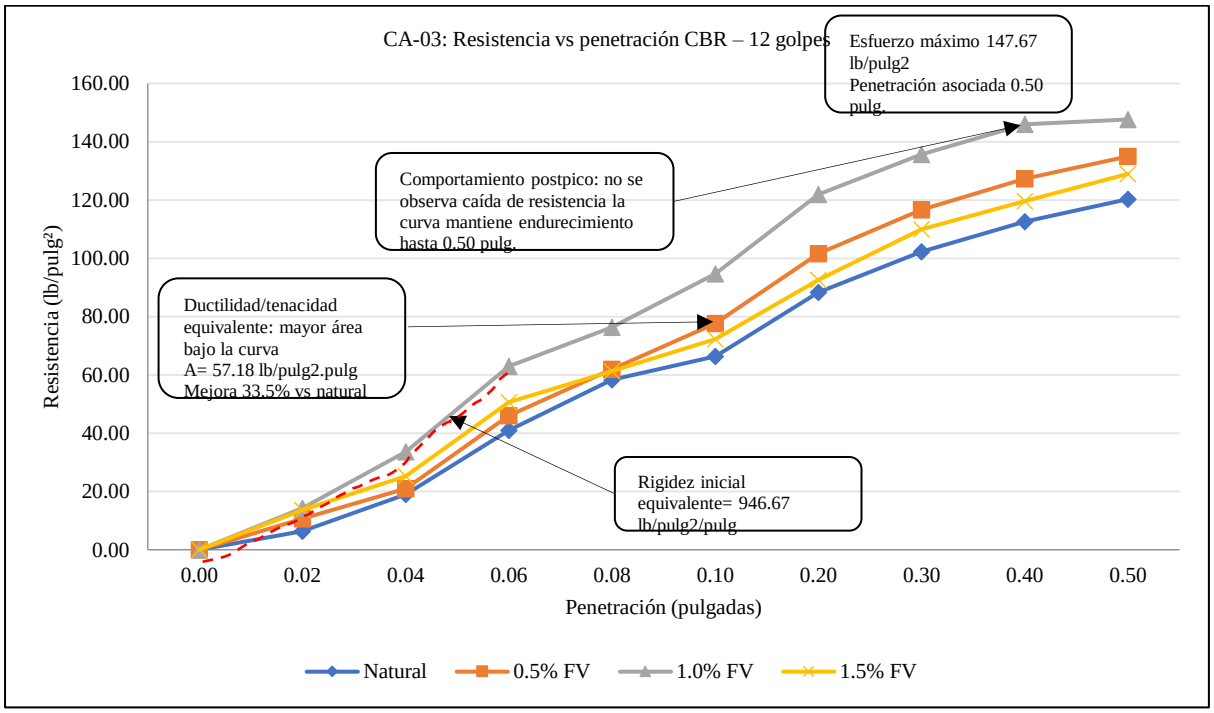


Figura 78

Gráfico de resistencia vs. Penetración del CBR a los 12 golpes, CA-03



4.1.3. Comparación del desempeño físico-mecánico del suelo de la subrasante en estado natural y con la incorporación de fibra de vidrio

El contenido de humedad óptimo disminuye en las tres calicatas al incorporar fibra de vidrio, siendo más notable la reducción en CA-01 y CA-03. En CA-01, el OCH pasa del 17.35% al 15.00%, mientras que en CA-03 disminuye del 12.50% al 10.50% con 1.0% de fibra, lo que indica una mejora en la eficiencia de compactación respecto al suelo natural. En CA-02, la reducción es más moderada, lo que sugiere que su condición inicial ya presentaba un comportamiento más estable. El refuerzo reduce la demanda de humedad necesaria para alcanzar la máxima densidad.

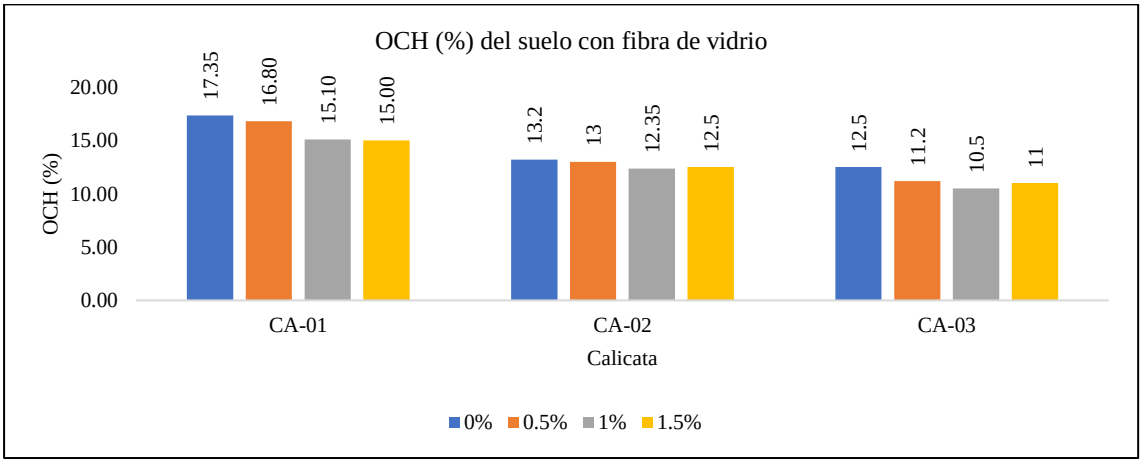
Tabla 50

OCH (%) del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz

Fibra de vidrio	OCH (%)		
	CA-01	CA-02	CA-03
0%	17.35	13.2	12.5
0.5%	16.80	13	11.2
1%	15.10	12.35	10.5
1.5%	15.00	12.5	11

Figura 79

OCH (%) del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz



Las variaciones son negativas, lo que indica una reducción del contenido de humedad óptimo respecto al suelo natural. La mayor reducción se observa en CA-03, con -16.00% en 1.0%, seguida de CA-01, con -13.54% en 1.5%. Esto evidencia que la fibra de vidrio mejora la compactación, reduciendo la necesidad de agua y resultando más eficiente en suelos con una mejor gradación.

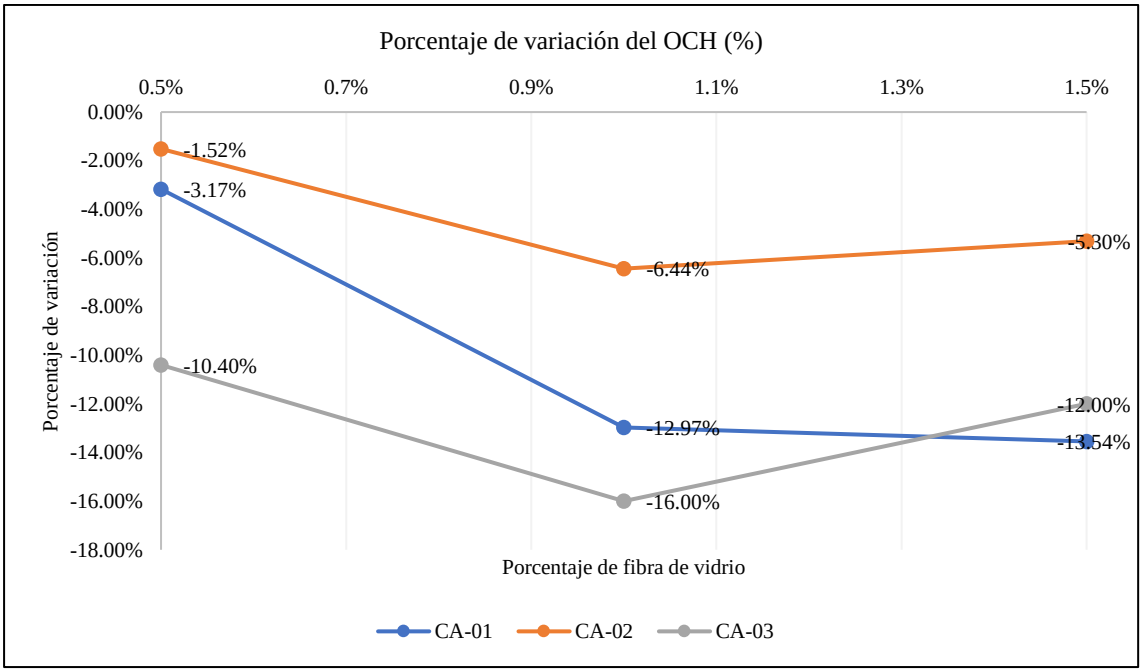
Tabla 51

Porcentaje de variación del OCH (%) del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural

Fibra de vidrio	Porcentaje de variación del OCH (%)		
	CA-01	CA-02	CA-03
0.5%	-3.17%	-1.52%	-10.40%
1%	-12.97%	-6.44%	-16.00%
1.5%	-13.54%	-5.30%	-12.00%

Figura 80

Porcentaje de variación del OCH (%) del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural



La máxima densidad seca aumenta en todas las calicatas respecto al suelo natural, alcanzando valores máximos en 1.0% para CA-02 y CA-03 y en 1.5% para CA-01. Este comportamiento indica que la fibra mejora el empaquetamiento de las partículas, especialmente en suelos con mayor contenido fino, como el CA-01.

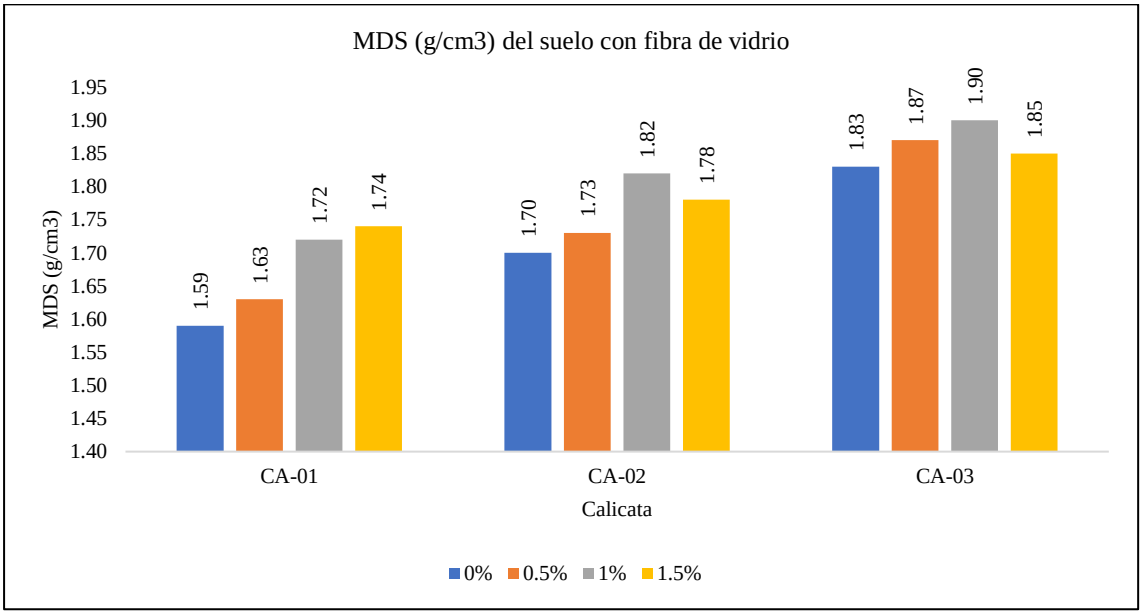
Tabla 52

MDS (g/cm³) del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz

Fibra de vidrio	MDS (g/cm3)		
	CA-01	CA-02	CA-03
0%	1.59	1.70	1.83
0.5%	1.63	1.73	1.87
1%	1.72	1.82	1.90
1.5%	1.74	1.78	1.85

Figura 81

MDS (g/cm³) del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz



Las variaciones de la MDS fueron positivas, lo que confirma una mejora respecto al suelo natural. Los mayores incrementos se registraron en CA-01 y CA-02 con 1.0% y 1.5%, mientras que en CA-03 la mejora fue más moderada. Esto demuestra que la fibra favoreció la compactación del suelo. No obstante, el beneficio fue más notable en las calicatas con menor desempeño inicial.

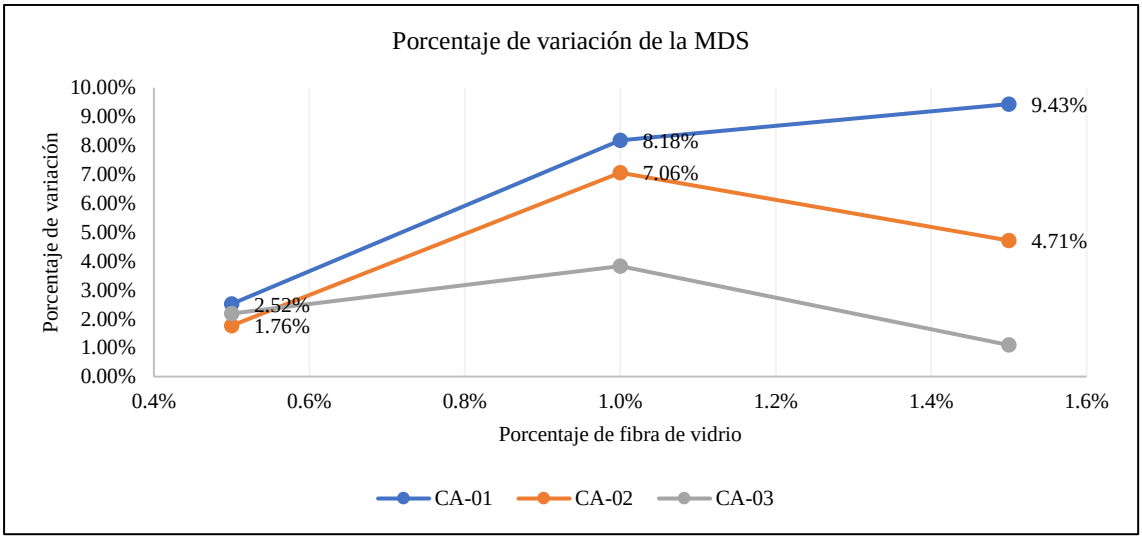
Tabla 53

Porcentaje de variación de la MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural

Fibra de vidrio	Porcentaje de variación de la MDS		
	CA-01	CA-02	CA-03
0.5%	2.52%	1.76%	2.19%
1%	8.18%	7.06%	3.83%
1.5%	9.43%	4.71%	1.09%

Figura 82

Porcentaje de variación de la MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural



Nota. El mayor incremento porcentual de la MDS se observó en CA-01, seguido de CA-02 y, finalmente, de CA-03. También se aprecia que en CA-02 y CA-03 la mejora disminuye en 1.5%, lo que sugiere pérdida de eficiencia. Esto confirma que la dosificación de 1.0% fue la más favorable.

El CBR al 95% de MDS aumentó en todas las calicatas al incorporar fibra de vidrio. CA-01 registró el mayor salto relativo, aunque siguió siendo la más débil en términos absolutos. CA-02 y CA-03 alcanzaron sus mejores resultados con 1.0% de fibra. Esto demuestra que la capacidad de soporte mejoró claramente respecto del suelo natural.

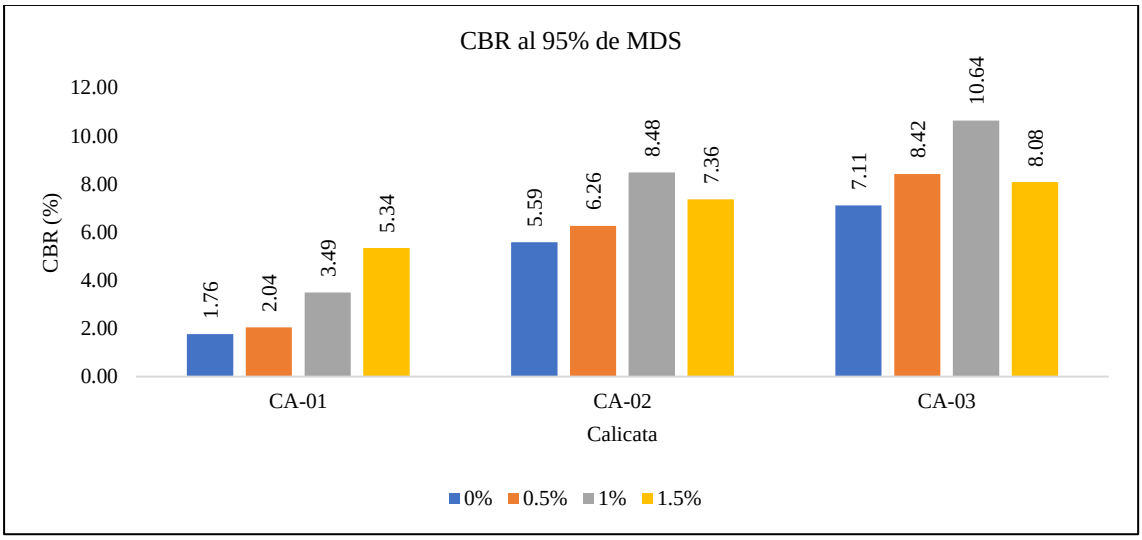
Tabla 54

CBR al 95% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz

Fibra de vidrio	CBR al 95% de MDS		
	CA-01	CA-02	CA-03
0%	1.76	5.59	7.11
0.5%	2.04	6.26	8.42
1%	3.49	8.48	10.64
1.5%	5.34	7.36	8.08

Figura 83

CBR al 95% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz



Nota. Tendencia ascendente del CBR al 95% hasta 1.0% de fibra en las tres calicatas. La dosificación óptima varió según la calicata.

El mayor incremento porcentual del CBR al 95% se dio en CA-01, llegando a 203.41% con 1.5% de fibra. En CA-02 y CA-03, la mayor mejora ocurrió con 1.0%, disminuyendo después con 1.5%. Esto indica que los suelos más débiles presentan mayores ganancias relativas. Sin embargo, en suelos con una condición inicial mejor, el exceso de fibra reduce la eficiencia.

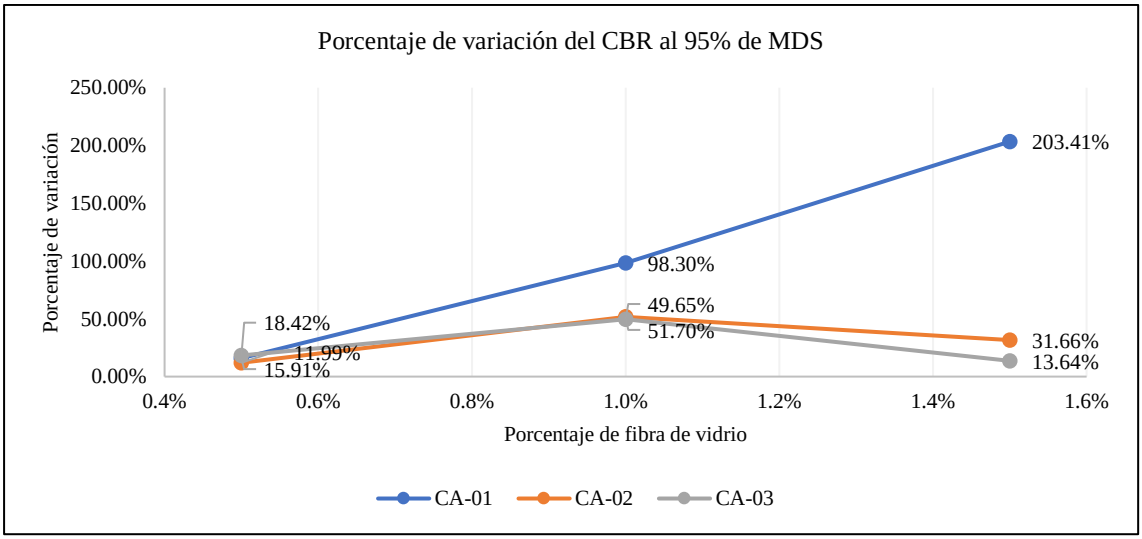
Tabla 55

Porcentaje de variación del CBR al 95% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural

Fibra de vidrio	CBR al 95% de MDS		
	CA-01	CA-02	CA-03
0.5%	15.91%	11.99%	18.42%
1%	98.30%	51.70%	49.65%
1.5%	203.41%	31.66%	13.64%

Figura 84

Porcentaje de variación del CBR al 95% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural



Nota. CA-01 fue la calicata con la mayor mejora porcentual en el CBR al 95% respecto al suelo natural. En CA-02 y CA-03, la curva alcanza su máximo en 1.0% y luego desciende. Esto confirma que la fibra tuvo un efecto positivo en todas las muestras. Su mejor rendimiento se obtuvo con distintas dosis.

El CBR al 100% de MDS también mejoró en todas las calicatas con la incorporación de fibra. CA-02 y CA-03 alcanzaron sus máximos de 1.0%, mientras que CA-01 obtuvo el mejor resultado de 1.5%. Esto confirma que el refuerzo incrementó la capacidad de soporte de la subrasante.

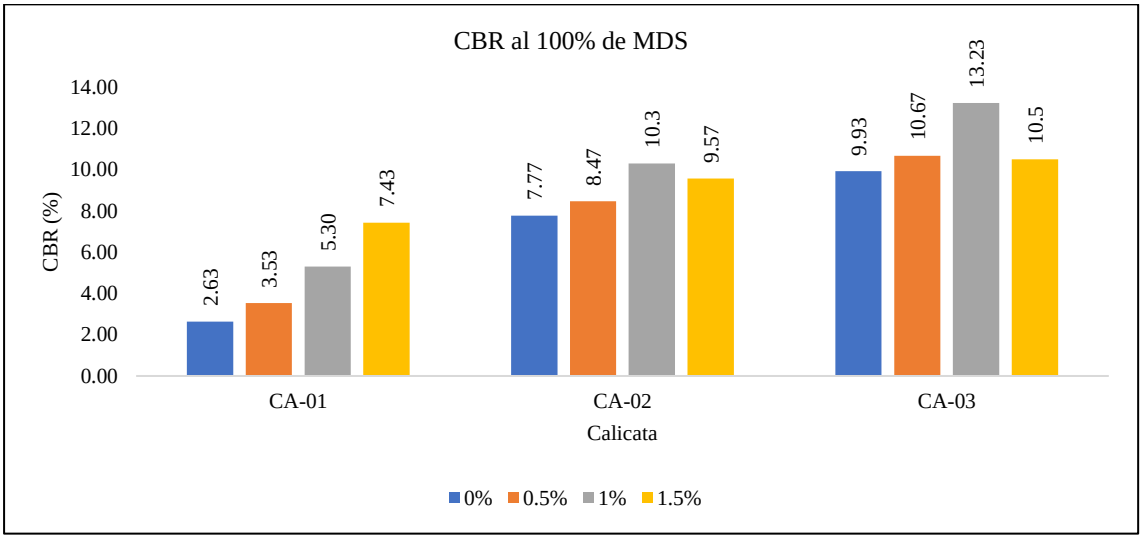
Tabla 56

CBR al 100% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz

Fibra de vidrio	CBR al 100% de MDS		
	CA-01	CA-02	CA-03
0%	2.63	7.77	9.93
0.5%	3.53	8.47	10.67
1%	5.30	10.3	13.23
1.5%	7.43	9.57	10.5

Figura 85

CBR al 100% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio, carretera Colpamatara - Colpahuacariz



Nota. Tendencia creciente del CBR al 100% a medida que aumenta la proporción de fibra de vidrio. Sin embargo, en CA-02 y CA-03 se aprecia una reducción para 1.5%. En CA-01, el incremento se mantiene hasta la mayor dosificación evaluada. Por ello, la respuesta mecánica depende de la naturaleza del suelo.

El mayor incremento se registró en CA-01 con 182.51% en 1.5%, mientras que en CA-02 y CA-03 el mejor resultado fue con 1.0%. Esto muestra que la fibra fue especialmente beneficiosa en el suelo con menor capacidad de soporte inicial. Asimismo, confirma la existencia de una dosificación óptima para cada calicata.

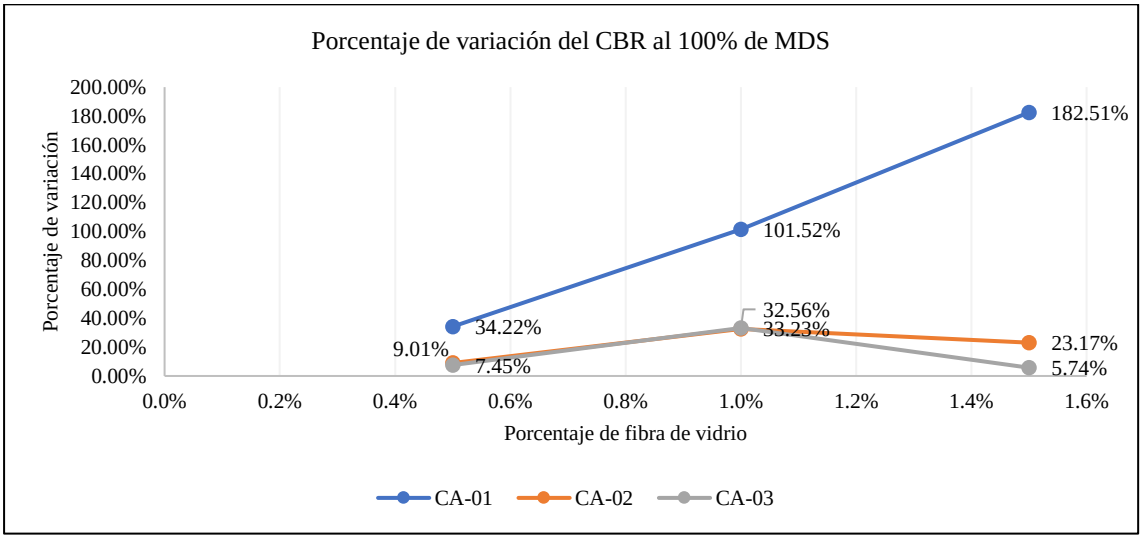
Tabla 57

Porcentaje de variación del CBR al 100% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural

Fibra de vidrio	CBR al 100% de MDS		
	CA-01	CA-02	CA-03
0.5%	34.22%	9.01%	7.45%
1%	101.52%	32.56%	33.23%
1.5%	182.51%	23.17%	5.74%

Figura 86

Porcentaje de variación del CBR al 100% de MDS del suelo mejorado con fibra de vidrio respecto al suelo natural



Nota. CA-01 presentó la mayor mejora porcentual en el CBR, alcanzando el 100% respecto al suelo natural. En cambio, CA-02 y CA-03 alcanzaron su máximo en 1.0% y luego disminuyeron con 1.5%. Esto refuerza la idea de que la fibra de vidrio mejora la capacidad de soporte de la subrasante. Sin embargo, también evidencia que una dosificación mayor no siempre implica un mejor desempeño.

La dosificación óptima de la fibra de vidrio varió según la condición inicial de cada calicata. En la CA-01, el mejor resultado se obtuvo con 1.5%, con un aumento de la MDS de 1.59 g/cm³ a 1.74 g/cm³, una reducción del OCH de 17.35% a 15.00% y un incremento del CBR de 1.76% a 5.34% al 95% de la MDS y de 2.63% a 7.43% al 100% de la MDS, lo que evidencia la mayor mejora relativa en el suelo con menor capacidad de soporte inicial. En la CA-02 y la CA-03, la mejor respuesta se logró con 1.0% de fibra, ya que en la CA-02 la MDS aumentó de 1.70 g/cm³ a 1.82 g/cm³, el OCH disminuyó de 13.20% a 12.35% y el CBR se incrementó hasta 8.48% al 95% y 10.30% al 100%; mientras que en la CA-03 la MDS pasó de 1.83 g/cm³ a 1.90 g/cm³, el OCH bajó de 12.50% a 10.50% y el CBR alcanzó 10.64% al 95% y 13.23% al 100%. En conjunto, estos resultados demuestran que la fibra de vidrio mejoró el comportamiento físico-mecánico del suelo en las tres calicatas, pero que la dosificación más conveniente dependió del tipo y del estado inicial del material.

Figura 87

Variación porcentual de MDS, OCH, CBR al 95% y CBR al 100% con la dosificación óptima de fibra de vidrio por calicata

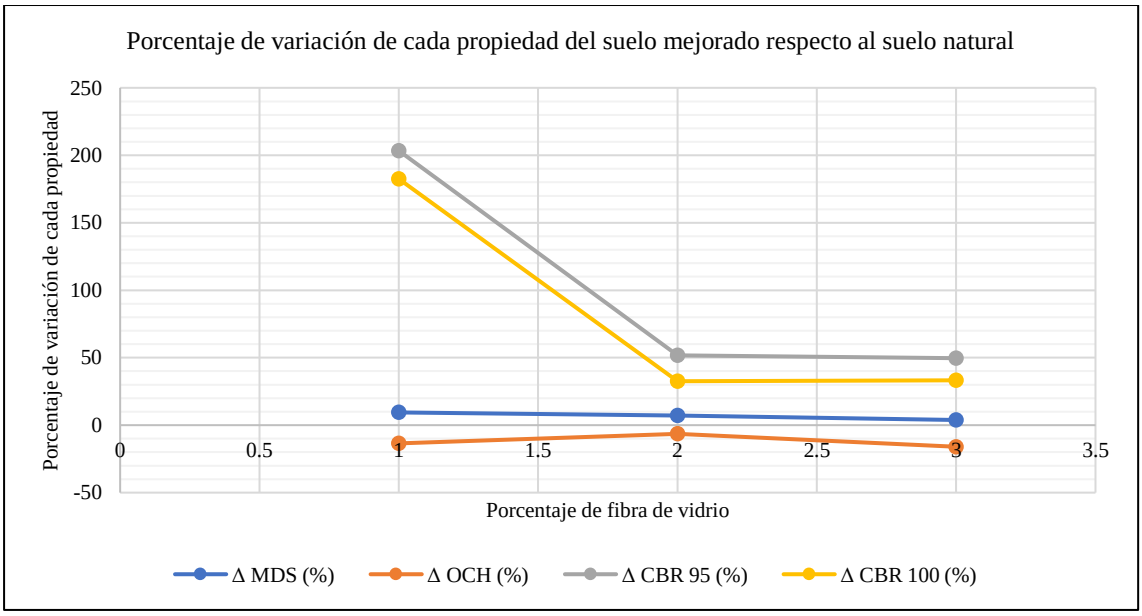


Tabla 58

Síntesis de la dosificación óptima por calicata

Calicata	Dosificación óptima	MDS natural (g/cm³)	MDS óptima (g/cm³)	Δ MDS (%)	OCH natural (%)	OCH óptimo (%)	Δ OCH (%)	CBR 95 natural (%)	CBR 95 óptimo (%)	Δ CBR 95 (%)	CBR 100 natural (%)	CBR 100 óptimo (%)	Δ CBR 100 (%)
CA-01	1.5%	1.59	1.74	9.43	17.35	15.00	-13.54	1.76	5.34	203.41	2.63	7.43	182.51
CA-02	1.0%	1.70	1.82	7.06	13.20	12.35	-6.44	5.59	8.48	51.70	7.77	10.30	32.56
CA-03	1.0%	1.83	1.90	3.83	12.50	10.50	-16.00	7.11	10.64	49.65	9.93	13.23	33.23

Tabla 59

Módulo de reacción de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz sin y con mejoramiento de fibra de vidrio

Calicata	CBR 100 natural (%)	Módulo de reacción de la subrasante (Mpa/m)	Módulo de reacción de la subrasante (kg/cm³)	CBR 100 óptimo (%)	Módulo de reacción de la subrasante (Mpa/m)	Módulo de reacción de la subrasante (kg/cm³)	Δ módulo de reacción (kg/cm³)	% aumento
CA-01	2.63	24.60	2.47	7.43	48.28	4.84	2.37	95.95%
CA-02	7.77	49.30	4.94	10.3	55.60	5.57	0.63	12.75%
CA-03	9.93	54.89	5.50	13.23	60.94	6.11	0.61	11.09%

La condición técnica de la subrasante mejoró en las tres calicatas al comparar el suelo natural con la condición óptima reforzada con fibra de vidrio. En la CA-01, el CBR al 100% de la MDS pasó de 2.63% a 7.43%, por lo que la subrasante cambió de una condición muy pobre a una regular; en la CA-02, el CBR aumentó de 7.77% a 10.30%, pasando de regular a buena; y en la CA-03, el incremento de 9.93% a 13.23% permitió también el cambio de regular a buena. Esta comparación confirma que la incorporación de fibra de vidrio no solo incrementó la capacidad de soporte, sino que también mejoró la clasificación de la subrasante, lo que evidencia una mayor aptitud del suelo para su función como capa de apoyo del pavimento.

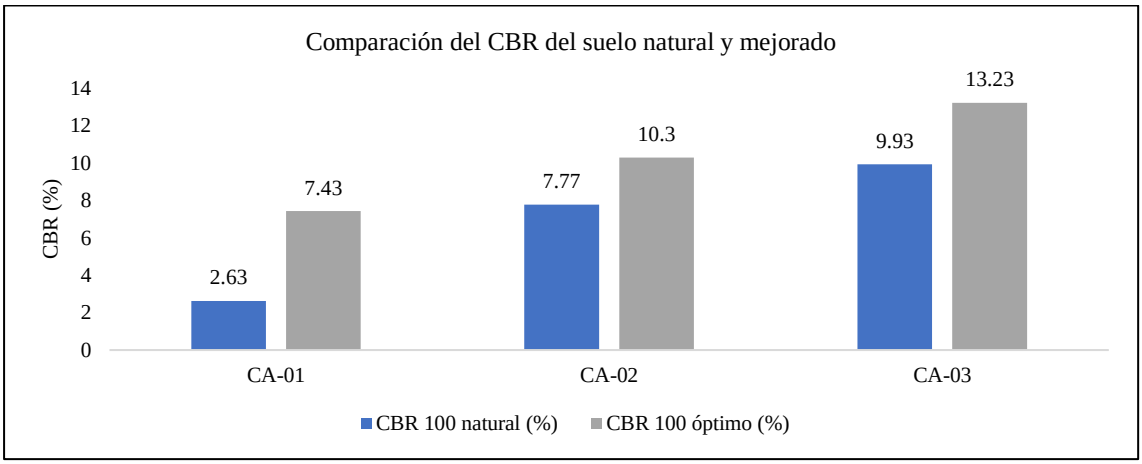
Tabla 60

Clasificación comparativa del suelo natural y mejorado

Calicata	CBR 100 natural (%)	Clasificación natural	Mejor dosificación	CBR 100 óptimo (%)	Clasificación óptima
CA-01	2.63	Muy pobre	1.5%	7.43	Regular
CA-02	7.77	Regular	1.0%	10.30	Buena
CA-03	9.93	Regular	1.0%	13.23	Buena

Figura 88

Comparación del CBR al 100% de MDS del suelo natural y del suelo con mejor dosificación de fibra de vidrio por calicata



4.2. Contrastación de hipótesis

La contrastación de la hipótesis se realizó mediante un análisis descriptivo de los resultados obtenidos en las tres calicatas evaluadas, comparando el comportamiento físico-mecánico del suelo en estado natural con el alcanzado tras incorporar fibra de vidrio en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%. Para ello, se consideraron como criterios de contraste la variación de la máxima densidad seca, la del óptimo contenido de humedad y la de la capacidad de soporte, expresada mediante el CBR al 95% y al 100% de la MDS. Asimismo, se consideró mejorar la clasificación técnica de la subrasante respecto de su estado natural. Siendo las hipótesis:

Hipótesis alternativa (Hi): La incorporación de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% modificó el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, lo que se reflejó en variaciones de la máxima densidad seca (MDS), del contenido de humedad óptimo (OCH) y de la capacidad de soporte (CBR) respecto del suelo natural.

Hipótesis nula (H0): La incorporación de fibra de vidrio no modificó el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante; por tanto, no se observaron variaciones relevantes en la MDS, el OCH y el CBR respecto al suelo natural.

Los resultados evidenciaron que la incorporación de fibra de vidrio modificó el comportamiento físico-mecánico del suelo en las tres calicatas. En la CA-01, la dosificación óptima fue 1.5%, con incremento de la MDS de 1.59 a 1.74 g/cm³, reducción del OCH de 17.35% a 15.00% y aumento del CBR al 100% de 2.63% a 7.43%. En la CA-02 y la CA-03, la dosificación óptima fue de 1.0%, con incrementos de la MDS de 1.70 a 1.82 g/cm³ y de 1.83 a 1.90 g/cm³, reducciones del OCH de 13.20% a 12.35% y de 12.50% a 10.50%, y aumentos del CBR al 100% de 7.77% a 10.30% y de 9.93% a 13.23%, respectivamente. Además, la clasificación de la subrasante mejoró

de muy pobre a regular en la CA-01 y de regular a buena en las CA-02 y CA-03. En consecuencia, se acepta la hipótesis de investigación, ya que la incorporación de fibra de vidrio sí modificó el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz.

Tabla 61

Contrastación descriptiva de la hipótesis de investigación

Calicata	Dosificación óptima	MDS	OCH	CBR 95% MDS	CBR 100% MDS	Clasificación final	Evidencia de modificación
CA-01	1.5%	Aumentó	Disminuyó	Aumentó	Aumentó	De muy pobre a regular	Sí
CA-02	1.0%	Aumentó	Disminuyó	Aumentó	Aumentó	De regular a buena	Sí
CA-03	1.0%	Aumentó	Disminuyó	Aumentó	Aumentó	De regular a buena	Sí
Resultado global	—	**Aumentó**	**Disminuyó**	**Aumentó**	**Aumentó**	**Mejoró**	**Hipótesis aceptada**

La contrastación descriptiva muestra que, en las tres calicatas, la incorporación de fibra de vidrio generó un aumento de la densidad seca máxima, una disminución del contenido de humedad óptimo y un incremento del CBR al 95% y al 100% de la MDS respecto al suelo natural. Además, la clasificación técnica de la subrasante mejoró en todos los casos, pasando de muy pobre a regular en la CA-01 y de regular a buena en las calicatas CA-02 y CA-03. Por ello, se confirma que la fibra de vidrio sí modificó favorablemente el comportamiento físico-mecánico del suelo y se acepta la hipótesis de investigación.

Tabla 62

Contrastación de la hipótesis a través de la matriz de cumplimiento

Parámetro evaluado	CA-01	CA-02	CA-03	Resultado
MDS aumentó	Sí	Sí	Sí	Cumple
OCH disminuyó	Sí	Sí	Sí	Cumple
CBR 95% aumentó	Sí	Sí	Sí	Cumple
CBR 100% aumentó	Sí	Sí	Sí	Cumple
Clasificación mejoró	Sí	Sí	Sí	Cumple

4.3. Discusión

El primer objetivo específico consistió en realizar los estudios básicos de diagnóstico vial, que incluyeron el inventario vial, el levantamiento topográfico, el estudio de tráfico y el estudio de mecánica de suelos. Los resultados evidenciaron que la carretera Colpamatara–Colpahuacariz presenta una condición funcional deficiente, asociada a deterioros superficiales, pérdida de espesor de afirmado, pendientes pronunciadas, drenaje parcialmente limitado y variabilidad geotécnica de la subrasante. La vía tiene una longitud de 1.86 km, un tiempo promedio de recorrido de 5 minutos y una velocidad media de 30 km/h; sin embargo, pese a ser una vía corta de conexión local y académica, presentó deterioros importantes en la superficie de rodadura, especialmente erosión, deformaciones, baches, encalaminado y lodazales.

Desde el punto de vista vial, la erosión fue el deterioro más crítico, alcanzando densidades de falla de 100.00% en los tramos km 1+500 y km 1+860. Esta condición se relaciona con la geometría de la carretera, debido a que el levantamiento topográfico registró pendientes negativas de hasta -19.54%, las cuales incrementan la velocidad de escorrentía superficial y favorecen el arrastre del material granular. Además, el espesor promedio del afirmado fue de 14 cm, con una pérdida aproximada de 6 cm respecto al espesor esperado, lo que reduce la protección de la subrasante frente a la acción combinada del tránsito y el agua. Estos resultados coinciden con los de Alarcón y Ramírez (2024), quienes, en una trocha carrozable de Cajamarca, reportaron suelos de baja capacidad de soporte y deterioro asociado a condiciones geotécnicas desfavorables, lo que demuestra que, en vías no pavimentadas andinas, el deterioro no depende solo del tránsito, sino también de la interacción entre topografía, drenaje y calidad del suelo de apoyo.

El estudio de tráfico mostró que el IMDA fue de 132 veh/día en Colpahuacariz y de 180 veh/día en Colpamatara, con un predominio de vehículos ligeros superior al 94% en ambos sectores. No obstante, los ESAL fueron de 169,337 en Colpahuacariz y de 350,241 en Colpamatara, y se clasificaron como TP1 y TP2, respectivamente. Esto indica que, aunque la frecuencia de vehículos pesados fue baja, estos contribuyeron de manera significativa a la demanda estructural. Este comportamiento es compatible con la orientación de estudios como los de Patel (2022), Huamani (2024) y Kumar et al. (2025), quienes evaluaron el mejoramiento de subrasantes para pavimentos o caminos de bajo volumen de tránsito, en los que la capacidad de soporte del suelo resulta determinante para la durabilidad de la estructura vial.

En cuanto al estudio de mecánica de suelos, se identificó una subrasante heterogénea. La CA-01 fue clasificada como CL según SUCS y A-6(11) según AASHTO, con IP=14.78%, 75.80% de material pasante del tamiz N.° 200, CBR al 95% de 1.76% y CBR al 100% de 2.63%. Estos valores evidencian un suelo fino, de mayor plasticidad relativa y baja capacidad de soporte, clasificado como subrasante muy pobre o inadecuada. En cambio, la CA-02 y la CA-03 fueron clasificadas como SM según SUCS, con las clasificaciones AASHTO A-2-4(0) y A-2-6(3), respectivamente. Estas calicatas presentaron menores índices de plasticidad, menor sensibilidad al agua y mayores CBR al 100% de MDS: 7.77% en CA-02 y 9.93% en CA-03, por lo que se clasificaron como subrasantes regulares.

La diferencia geotécnica entre las calicatas explica su comportamiento inicial. La CA-01, al tener mayor contenido de finos, mayor humedad natural e IP más alto, presentó una densidad seca máxima menor y una menor capacidad de soporte. En cambio, la CA-02, con clasificación A-2-4(0), mostró una condición granular más favorable y un índice de grupo nulo, lo que explica su mejor comportamiento natural.

La CA-03, aunque también fue clasificada como SM, presentó un mayor porcentaje de finos que la CA-02; sin embargo, su mayor MDS y CBR indican una estructura más densa y una mejor respuesta frente a la penetración. Esta variabilidad coincide con Kehinde et al. (2020), quienes demostraron que los suelos CL y ML responden de manera distinta al refuerzo con fibra, y con Patel (2022), quien evidenció que los suelos arcillosos de baja capacidad requieren mejoramiento para su uso como subrasante.

En conjunto, el diagnóstico vial y geotécnico justifica la necesidad de mejorar la subrasante. La presencia de una calicata CL/A-6(11) con CBR inferior al 6% y de dos calicatas SM en condición regular demuestra que la vía no presenta un comportamiento uniforme. Por ello, el uso de fibra de vidrio como refuerzo resulta técnicamente pertinente, ya que permite evaluar una alternativa de mejora para suelos finos o granulares con capacidad de soporte baja a mediana.

El segundo objetivo específico consistió en analizar la variación de la máxima densidad seca, el contenido de humedad óptimo y la capacidad de soporte del suelo ante la incorporación de fibra de vidrio en las proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%. Los resultados muestran que la fibra modificó favorablemente el comportamiento físico-mecánico de las tres calicatas; sin embargo, la respuesta no fue uniforme, debido a las diferencias de clasificación SUCS, AASHTO, contenido de finos, plasticidad y capacidad de soporte inicial.

En la CA-01, clasificada como CL y A-6(11), la mejor respuesta se obtuvo con 1.5% de fibra de vidrio. La MDS aumentó de 1.59 g/cm³ a 1.74 g/cm³, equivalente a un incremento del 9.43%, mientras que el OCH disminuyó de 17.35% a 15.00%, con una reducción del 13.54%. Asimismo, el CBR al 95% de MDS aumentó de 1.76% a 5.34%, con una mejora del 203.41%, y el CBR al 100% de MDS pasó de 2.63% a 7.43%, con un incremento del 182.51%. Este comportamiento indica que la fibra de vidrio fue

especialmente efectiva en el suelo más débil, ya que el refuerzo permitió mejorar la interacción interna de la matriz fina, limitar la deformación localizada y aumentar la resistencia a la penetración.

Estos resultados son comparables con los de Patel (2022), quien en un suelo CL obtuvo una mejora del CBR de 2.80 veces con 0.75% de fibra de vidrio. En la presente investigación, la CA-01 alcanzó una mejora de 2.83 veces en el CBR al 100%, al pasar de 2.63% a 7.43%, lo que evidencia una coincidencia cuantitativa importante en la magnitud relativa de la mejora. Sin embargo, la dosificación óptima fue distinta: 0.75% en Patel (2022) y 1.5% en la presente investigación. Esta diferencia puede explicarse por el mayor contenido de finos de la CA-01, que alcanzó 75.80%, y por su condición A-6(11), lo cual pudo requerir una mayor cantidad de fibra para movilizar un efecto de puenteo y confinamiento dentro de la matriz arcillosa.

En la CA-02, clasificada como SM y A-2-4(0), la dosificación óptima fue 1.0% de fibra de vidrio. La MDS aumentó de 1.70 g/cm³ a 1.82 g/cm³, equivalente a un aumento del 7.06%, mientras que el OCH disminuyó de 13.20% a 12.35%, con una reducción del 6.44%. En términos mecánicos, el CBR al 95% aumentó de 5.59% a 8.48%, con una mejora del 51.70%, y el CBR al 100% pasó de 7.77% a 10.30%, con un incremento del 32.56%. A diferencia de la CA-01, el aumento de la fibra hasta 1.5% no generó una mejora adicional; por el contrario, la MDS disminuyó a 1.78 g/cm³ y el CBR al 100% bajó a 9.57%. Este comportamiento indica que, en un suelo granular con menor plasticidad e índice de grupo nulo, una dosificación excesiva puede interferir con el contacto entre partículas y reducir la eficiencia de compactación.

En la CA-03, clasificada como SM y A-2-6(3), también se obtuvo la mejor respuesta con 1.0% de fibra. La MDS aumentó de 1.83 g/cm³ a 1.90 g/cm³, con una mejora de 3.83%, mientras que el OCH disminuyó de 12.50% a 10.50%, equivalente a

una reducción de 16.00%. El CBR al 95% aumentó de 7.11% a 10.64%, con una mejora de 49.65%, y el CBR al 100% aumentó de 9.93% a 13.23%, equivalente al 33.23%. Con 1.5% de fibra, el CBR al 100% disminuyó a 10.50%, por lo que se confirma que el exceso de fibra no necesariamente genera mayor capacidad de soporte. Este resultado se relaciona con el mayor desempeño natural de CA-03, pues al partir de una MDS y un CBR más altos, el margen de mejora porcentual fue menor que en CA-01.

La diferencia entre las calicatas confirma que la clasificación del suelo condiciona la dosificación óptima. En el suelo CL/A-6(11) de CA-01, el contenido de fibra del 1.5% fue el más efectivo, posiblemente porque el material fino y plástico requirió una mayor cantidad de refuerzo para reducir la deformabilidad. En cambio, en los suelos SM de CA-02 y CA-03, la dosificación óptima fue 1.0%, ya que una mayor cantidad de fibra pudo generar separación entre partículas, aglomeración local o pérdida de eficiencia en la compactación. Esta interpretación coincide con Kehinde et al. (2020), quienes encontraron que la dosificación óptima varía según el tipo de suelo: 0.6% para CL y 1.0% para ML, y con Daryaee et al. (2024), quienes reportaron que el CBR aumentó hasta 0.75% de fibra, pero disminuyó con 1.0% y 1.5%.

La tendencia no lineal observada también coincide con Noolu et al. (2024), quienes identificaron una dosificación óptima cercana a 0.78% de fibra de vidrio, y con Álamo y Campos (2022), quienes encontraron que el CBR mejoró con 2.5% de fibra, pero disminuyó con porcentajes mayores. En la presente investigación, la reducción del desempeño con 1.5% en CA-02 y CA-03 refuerza la idea de que el refuerzo fibroso tiene un límite técnico, a partir del cual el incremento de fibra puede reducir el contacto suelo-suelo, afectar el acomodo de partículas y disminuir la eficiencia del mecanismo resistente.

Respecto a los gráficos de resistencia–penetración del CBR, estos aportan evidencia mecánica complementaria que respalda la mejora atribuida a la fibra de vidrio. En CA-01, a 56 golpes, la resistencia máxima aumentó de 50.33 lb/pulg² en el suelo natural a 125.33 lb/pulg² con 1.5% de fibra, equivalente a un incremento de 149.01%. A 25 golpes, la resistencia aumentó de 43.33 lb/pulg² a 107.67 lb/pulg², con una mejora de 148.46%; y a 12 golpes, pasó de 36.00 lb/pulg² a 93.00 lb/pulg², con un incremento de 158.33%. En CA-02, la mayor resistencia se obtuvo con 1.0% de fibra, con incrementos de 24.95%, 15.89% y 17.01% para 56, 25 y 12 golpes, respectivamente. En CA-03, también con 1.0% de fibra, los incrementos fueron de 33.14%, 21.41% y 22.71%. Estas curvas no presentaron caída pospico, sino un incremento progresivo de la resistencia hasta la penetración final de 0.50 pulgadas; por ello, la penetración asociada al máximo esfuerzo registrado se consideró la deformación representativa del punto máximo de respuesta. El aumento de la pendiente inicial y del área bajo la curva en los suelos reforzados indica una mayor rigidez inicial, una mayor tenacidad equivalente y una mejor ductilidad relativa frente a la penetración.

Tabla 63

Comparación cuantitativa de los resultados de la investigación con antecedentes

Autor(es)	Tipo de suelo o material	Dosificación óptima	Resultado del antecedente	Resultado comparable de la investigación	Interpretación comparativa
Patel (2022)	CL	0.75% FV	CBR aumentó 2.80 veces	CA-01 aumentó 2.83 veces en CBR al 100% con 1.5% FV	Existe coincidencia en la magnitud relativa de la mejora, aunque la CA-01 requirió una dosificación mayor debido a su alto contenido de finos.
Al-Khazaleh et al. (2023, 2024)	A-7-6	1.5% FV	CBR de 13% a 22.9%	CA-01 de 2.63% a 7.43% con 1.5% FV	Coincide con la dosificación óptima, pero los valores absolutos fueron menores debido a una condición inicial más deficiente de CA-01.
Daryaee et al. (2024)	Arena-arcilla	0.75% FV	CBR de 10.5% a 11.0%; luego disminuyó	CA-02 y CA-03 mejoraron hasta 1.0% y disminuyeron con 1.5%	Se confirma que una mayor dosificación de fibra no siempre mejora el CBR.

Autor(es)	Tipo de suelo o material	Dosificación óptima	Resultado del antecedente	Resultado comparable de la investigación	Interpretación comparativa
Noolu et al. (2024)	Suelo expansivo	0.78% FV + GGBS	CBR aumentó aproximadamente tres veces	CA-01 aumentó 2.83 veces con 1.5% FV	La mejora relativa de CA-01 fue similar, aunque sin emplear un estabilizante químico complementario.
Kehinde et al. (2020)	CL y ML	0.6% en CL; 1.0% en ML	CBR aumentó según tipo de suelo	CA-01 óptima con 1.5%; CA-02 y CA-03 con 1.0%	Se confirma que la dosificación óptima depende de la clasificación del suelo.
Huamani (2024)	Suelos de subrasante	1.5% FV	CBR al 100% hasta 38.43%	CA-01 alcanzó 7.43%; CA-02 10.30%; CA-03 13.23%	Coincide con la mejora por fibra, pero los valores absolutos fueron menores debido a diferencias de suelo y de condición inicial.
Álamo y Campos (2022)	SP-SM	2.5% FV	CBR al 100% de 9.5% a 15.4%; luego disminuyó	CA-02 y CA-03 disminuyeron al pasar de 1.0% a 1.5%	Se confirma que el exceso de fibra puede reducir el beneficio mecánico.
López y Montalván (2024)	CL	10% polvo de vidrio	CBR al 100% de 3.65% a 22.99%	CA-01 de 2.63% a 7.43% con fibra	Ambos mejoran suelos arcillosos, aunque el polvo de vidrio actúa mediante reemplazo granulométrico y la fibra mediante refuerzo.
Alarcón y Ramírez (2024)	A-7-5(20)	10% vidrio triturado	CBR de 2.87% a 8.44%	CA-01 de 2.63% a 7.43%	Los valores finales son cercanos, pero se alcanzan mediante mecanismos de estabilización distintos.

En síntesis, los resultados del segundo objetivo confirman que la fibra de vidrio mejoró la compactación y la capacidad de soporte del suelo de subrasante. La mayor mejora relativa se observó en el suelo más desfavorable, CA-01, mientras que en CA-02 y CA-03 fue más moderada y alcanzó su máximo con una dosificación intermedia. Esta respuesta es coherente con los antecedentes que señalan que las fibras mejoran la resistencia, pero que existe una dosificación óptima que depende del tipo de suelo y de su condición inicial.

El tercer objetivo específico consistió en comparar el desempeño físico-mecánico del suelo de subrasante en su estado natural y con la incorporación de fibra de vidrio. La comparación global muestra que la fibra mejoró la condición técnica de las tres calicatas, aunque con diferencias relevantes según la clasificación geotécnica. La CA-01, al ser CL y A-6(11), mostró la mayor ganancia relativa, mientras que CA-

02 y CA-03, ambas SM, presentaron mejores valores absolutos de CBR, pero menores incrementos porcentuales.

En la CA-01, el suelo natural presentó un MDS de 1.59 g/cm³, un OCH de 17.35%, un CBR al 95% de 1.76% y un CBR al 100% de 2.63%. Con la dosificación óptima de 1.5% de fibra, la MDS aumentó a 1.74 g/cm³, el OCH disminuyó a 15.00%, el CBR al 95% alcanzó 5.34% y el CBR al 100% llegó a 7.43%. Desde la perspectiva geotécnica, esta mejora es significativa porque el suelo pasó de una condición muy pobre a una regular según el CBR al 100% de MDS. Esto demuestra que el refuerzo fue más efectivo en términos relativos en el material con menor capacidad de soporte inicial.

En la CA-02, el suelo natural presentó un MDS de 1.70 g/cm³, un OCH de 13.20%, un CBR al 95% de 5.59% y un CBR al 100% de 7.77%. Con 1.0% de fibra, la MDS aumentó a 1.82 g/cm³, el OCH disminuyó a 12.35%, el CBR al 95% alcanzó 8.48% y el CBR al 100% llegó a 10.30%. Esta mejora permitió que la subrasante pasara de regular a buena. Sin embargo, el incremento relativo fue menor que en CA-01, debido a que la CA-02 partía de una condición inicial más favorable, con menor plasticidad, clasificación A-2-4(0) y una mejor estructura granular.

En la CA-03, el suelo natural presentó un MDS de 1.83 g/cm³, un OCH de 12.50%, un CBR al 95% de 7.11% y un CBR al 100% de 9.93%. Con 1.0% de fibra, la MDS aumentó a 1.90 g/cm³, el OCH disminuyó a 10.50%, el CBR al 95% alcanzó 10.64% y el CBR al 100% llegó a 13.23%. Esta calicata presentó los mejores valores absolutos de capacidad de soporte debido a su mayor densidad natural y a una mejor respuesta ante la compactación. Sin embargo, su mejora relativa fue inferior a la de la CA-01, lo que confirma que los suelos con mejor condición inicial presentan un menor margen porcentual de incremento.

La comparación entre calicatas evidencia que el comportamiento del suelo reforzado no puede explicarse únicamente por el porcentaje de fibra, sino también por la interacción entre la fibra, el tipo de suelo, la plasticidad, el contenido de finos y la densidad inicial. La CA-01, con 75.80% de finos y clasificación A-6(11), necesitó 1.5% de fibra para alcanzar su mejor respuesta; en cambio, la CA-02, con 37.83% de finos y clasificación A-2-4(0), y la CA-03, con 49.80% de finos y clasificación A-2-6(3), alcanzaron su mejor comportamiento con 1.0%. Esto confirma que la fibra de vidrio actúa de manera distinta en suelos cohesivos y en suelos arenosos limosos: en los primeros, el refuerzo mejora la continuidad de la matriz fina y reduce la deformación; en los segundos, el exceso de fibra puede interferir con el contacto granular y reducir la eficiencia mecánica.

Los resultados son consistentes con los antecedentes nacionales y regionales. Huamani (2024) reportó que 1.5% de fibra elevó el CBR del 100% al 38.43%, mientras que en esta investigación la mejor respuesta absoluta fue 13.23% en CA-03 con 1.0% de fibra y la mayor mejora relativa fue 182.51% en CA-01 con 1.5%. La diferencia en los valores absolutos puede atribuirse a la condición inicial de los suelos, a la composición granulométrica y al tipo de fibra empleada. Asimismo, Coáguila y Ramos (2025) obtuvieron CBR de hasta 39.11% con fibra de vidrio reciclada, superiores a los de esta investigación; sin embargo, la tendencia de mejora es la misma. Por otro lado, Alarcón y Ramírez (2024) reportaron que un suelo A-7-5(20) aumentó su CBR de 2.87% a 8.44% con 10% de vidrio triturado, un valor cercano al obtenido en la CA-01, donde el CBR pasó de 2.63% a 7.43% con 1.5% de fibra de vidrio.

La mejora del módulo de reacción de la subrasante también respalda la comparación entre el desempeño natural y el reforzado. En CA-01, el módulo aumentó de 2.47 kg/cm³ a 4.84 kg/cm³, equivalente al 95.95%; en CA-02, de 4.94 kg/cm³ a 5.57

kg/cm³, equivalente al 12.75%; y en CA-03, de 5.50 kg/cm³ a 6.11 kg/cm³, equivalente al 11.09%. Esta variación confirma que la fibra de vidrio produjo un efecto más marcado en el suelo inicialmente más débil, mientras que en las calicatas con mejor condición natural el incremento fue menor, aunque técnicamente favorable.

En relación con los gráficos de resistencia–penetración del CBR, la comparación entre el suelo natural y los suelos reforzados permite sostener que la fibra de vidrio no solo incrementó el CBR calculado, sino también la resistencia movilizada durante la penetración. En las tres calicatas, las curvas reforzadas se ubicaron por encima de la curva del suelo natural en las dosificaciones óptimas. Además, no se observó caída pospico, sino endurecimiento progresivo hasta 0.50 pulgadas, lo que indica que el material mantuvo su capacidad de resistencia conforme aumentó la deformación impuesta. Este comportamiento es importante desde el punto de vista vial porque una subrasante reforzada debe resistir cargas repetidas sin sufrir una pérdida brusca de soporte. En consecuencia, el incremento de la resistencia máxima, la rigidez inicial y el área bajo la curva respalda la mejora mecánica atribuible a la fibra de vidrio.

Finalmente, la comparación técnica de la clasificación de la subrasante confirma el efecto positivo del refuerzo. La CA-01 pasó de muy pobre a regular, mientras que las CA-02 y CA-03 pasaron de regular a buena. Esta mejora es coherente con Abhishek et al. (2025), Al-Khazaleh et al. (2023, 2024), Patel (2022), Huamani (2024) y Kehinde et al. (2020), quienes concluyeron que el uso de fibras mejora la capacidad de soporte de los suelos de subrasante. No obstante, la presente investigación aporta evidencia local al demostrar que la dosificación óptima no es única, sino que depende de la clasificación SUCS y AASHTO de cada suelo, de su contenido de finos y de su capacidad de soporte inicial.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al evaluar el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz mediante la adición de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo, en el distrito de Chota, se llegó a las siguientes conclusiones:

1) Los estudios básicos de diagnóstico vial en la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, determinaron que el tramo tuvo una longitud de 1.86 km y un tiempo promedio de recorrido de 5 min, además de presentar una condición superficial deficiente, con predominio de erosión de hasta 4400 m² en el km 1+500 y 2754 m² en el km 1+860, un espesor promedio del afirmado de 14 cm y una pérdida aproximada de 6 cm respecto al espesor esperado, así como alcantarillas parcialmente semiobstruidas y cunetas no revestidas. En el aspecto topográfico, la vía presentó una geometría variable, con pendientes entre -19.54% y 12.63% y anchos de vía entre 3.00 m y 11.50 m, condiciones que favorecieron la escorrentía y el deterioro del tramo. En el estudio de tráfico, se registró un IMDA de 180 veh/día en Colpamatara y de 132 veh/día en Colpahuacariz, con un predominio de vehículos ligeros superior al 94%. Finalmente, en la mecánica de suelos se identificó una subrasante heterogénea, con un suelo CL en la CA-01 y suelos SM en las calicatas CA-02 y CA-03, donde la CA-01 presentó el comportamiento más desfavorable, con IP = 14.78, MDS = 1.59 g/cm³, OCH = 17.35% y CBR al 100% = 2.63%, mientras que la CA-02 y la CA-03 registraron CBR al 100% de 7.77% y 9.93%, confirmándose así la necesidad técnica de mejorar la subrasante del tramo.

2) La incorporación de fibra de vidrio modificó la máxima densidad seca, el contenido de humedad óptimo y la capacidad de soporte del suelo de subrasante en las tres calicatas evaluadas. En la CA-01, la mejor respuesta se obtuvo con 1.5% de fibra, incrementándose la MDS de 1.59 a 1.74 g/cm³, reduciéndose el OCH de 17.35% a 15.00% y aumentando el CBR de 1.76% a 5.34% al 95% de la MDS y de 2.63% a 7.43% al 100% de la MDS. En la CA-02 y la CA-03, la dosificación óptima fue 1.0%, con incrementos de la MDS de 1.70 a 1.82 g/cm³ y de 1.83 a 1.90 g/cm³, reducciones del OCH de 13.20% a 12.35% y de 12.50% a 10.50%, y aumentos del CBR al 95% de la MDS de 5.59% a 8.48% y de 7.11% a 10.64%, así como del CBR al 100% de la MDS de 7.77% a 10.30% y de 9.93% a 13.23%, respectivamente; por tanto, se concluye que la fibra de vidrio mejoró el comportamiento físico-mecánico del suelo.
3) La comparación del desempeño físico-mecánico del suelo de subrasante en estado natural y reforzado con fibra de vidrio determinó que, en las tres calicatas, la incorporación del material mejoró la compactación y la capacidad de soporte, aunque con dosificaciones óptimas distintas. En la CA-01, la mejor respuesta se obtuvo con 1.5% de fibra, elevándose la MDS de 1.59 a 1.74 g/cm³ y aumentando el CBR al 100% de la MDS de 2.63% a 7.43%; mientras que en la CA-02 y la CA-03, la condición óptima se alcanzó con 1.0% de fibra, registrándose incrementos de la MDS de 1.70 a 1.82 g/cm³ y de 1.83 a 1.90 g/cm³, y aumentos del CBR al 100% de la MDS de 7.77% a 10.30% y de 9.93% a 13.23%, respectivamente. En consecuencia, el suelo mejorado superó al suelo natural en todos los parámetros evaluados, lográndose, además, que la clasificación técnica de la subrasante pasara de muy pobre a regular en la CA-01 y de regular a buena en la CA-02 y en la CA-03.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Chota priorizar el mantenimiento y mejoramiento de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, especialmente en los sectores con mayor erosión y pérdida de afirmado, mediante limpieza de alcantarillas, rehabilitación de cunetas y reposición de material granular, a fin de reducir la escorrentía superficial y evitar el avance del deterioro de la subrasante.

Se recomienda a los proyectistas y especialistas en geotecnia vial considerar la incorporación de fibra de vidrio como alternativa para el mejoramiento del suelo de subrasante en vías con características similares a las del tramo estudiado, empleando preferentemente 1.5% para suelos arcillosos tipo CL y 1.0% para suelos arenosos limosos tipo SM, debido a que dichas dosificaciones permitieron obtener las mejores variaciones de MDS, OCH y CBR.

Se recomienda que futuras investigaciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNACH evalúen el comportamiento del suelo mejorado con fibra de vidrio mediante tramos piloto o ensayos complementarios de desempeño en campo, con la finalidad de validar si las mejoras observadas en laboratorio, como el cambio de subrasante de muy pobre a regular y de regular a buena, se mantienen en condiciones reales de servicio vial.

REFERENCIAS

Abhishek, A., Sharma, R. K., & Shandil, P. (2025). Stabilization of Soil by Using Construction & Demolition Waste, Calcium Carbide Residue, Molasses and Glass Fiber Reinforcement. *Advanced Engineering Forum, 54*(1), 57-75. https://www.scientific.net/AEF.54.57

Aksu Alcan, B., & Çelik, S. (2023). The effect of different fiber reinforcement on bearing capacity under strip foundation on the sand soil: an experimental investigation. *Applied Sciences, 13*(17), 1-10.

Álamo, J. C., & Campos, L. A. (2022). *Estabilización de suelos empleando polvo de carbón vegetal y fibra de vidrio para el diseño del pavimento en Cascajal, Chimbote, 2022.* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/112208

Alarcón, R. O., & Ramírez, A. G. (2024). *Evaluación de la influencia del vidrio triturado en suelo limoso de la trocha carrozable Monteseco – Udima del KM 2+500 al 5+500, Cajamarca.* [Tesis de grado, Universidad Tecnológica del Perú]. https://hdl.handle.net/20.500.12867/8950

Al-Khazaleh, M., Al Masri, D. A., Alkhodari, M. H., Hamdan, D. A., Hamdan, A. A., & Atta[6], M. N. (2024). Effect of Glass Fiber and Rubber on the Properties of Expansive Soil and Its Utilization as Subgrade Reinforcement in Road Application. *Current Integrative Engineering, 2*(1), 34-41. https://doi.org/10.59762/cie5703905421202402051334l3

Al-Khazaleh, M., Al-Masri, D. O., Al-Khodari, M. H., Hamdan, D. A., Hamdan, A. A., & Atta, M. N. (2023). Utilization potential of glass fiber and crumbled rubber as subgrade reinforcement for expansive soil. *J. Hum. Earth Future, 4*(3), 332-344. https://doi.org/10.28991/HEF-2023-04-03-06

Alqawasmeh, H., Alzubi, Y., & Mahamied, A. (2023). State-of-the-Art Review: Fiber-Reinforced Soil as a Proactive Approach for Liquefaction Mitigation and Risk Management. *Journal of Engineering, 2023*(1), 8737304. https://doi.org/10.1155/2023/8737304

Arista, J. E., & Trujillo, C. E. (2022). *Fibra de vidrio para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. https://hdl.handle.net/20.500.14138/6078

Arunthathi, S., Sivapriya, S. V., & Balaji, D. (2022). Assessing the compaction characteristics of modified soil with Incinerated municipal solid waste. *Materials Today: Proceedings, 62*(2), 629-632. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.624

Aziz, A., Thashreef, T. J., Balakrishnan, B., & Maliyekkal, S. M. (2025). Calcium-reinforced graphene oxide-biopolymer nanocomposite: A novel and sustainable sizing agent for enhancing E-glass fibers strength and adhesion in cement composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 192*, 108808. https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2025.108808

Bañón, L., & Beviá, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: Construcción y mantenimiento.* Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787

Bentil, O. T., & Zhou, C. (2024). Pavement performance analysis considering the influence of suction and temperature on subgrade soil modulus. *Transportation Geotechnics, 49*, 101448. https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2024.101448

Burga, J. C. (2023). *Mejoramiento de subrasante arcillosa con la finalidad de incrementar propiedades físico mecánicas adicionando polvo de piedra caliza, Chota - Cajamarca, 2023.* [Tesis de grado, Universidad Nacional Federico Villareal]. https://hdl.handle.net/20.500.13084/8312

Cabrera-Tenecela, P. (2023). New organization of research designs. *South American Research Journal, 3*(1), 37-51. https://www.researchgate.net/profile/Patricio-Cabrera-4/publication/379997458_Nueva_organizacion_de_los_disenos_de_investigacion_New_organization_of_research_designs/links/6626845b66ba7e2359f0e3c2/Nueva-organizacion-de-los-disenos-de-investigacion-New-org

Calua, A. (2021). *Influencia de la incorporación de microfibras de polipropileno en el índice CBR de los suelos arcillosos en el sector 11 de la ciudad de Cajamarca.* [Tesis de maestría en ciencias con mención en ingeniería civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. http://hdl.handle.net/20.500.14074/6703

Chandekar, H., Chaudhari, V. V., & Waigaonkar, S. (2022). Theoretical models for stiffness prediction of short fibre composites. *Materials Today: Proceedings, 57*, 711-714. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.177

Chen, A., Chen, F., Ding, C., & Shi, X. (2025). Effect of biochar and sisal fiber on compressive strength of expansive soil. *Case Studies in Construction Materials, 23*, e05071. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e05071

Choudhary, A., Garg, R. D., & Jain, S. S. (2024). Estimating impact of pavement surface condition and geometrics design on two-wheeler run-off road crashes on horizontal curves. *IATSS research, 48*(1), 108-119. https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.02.001

Chu, X., Campos-Guereta, I., Dawson, A., & Thom, N. (2023). Sustainable pavement drainage systems: Subgrade moisture, subsurface drainage methods and drainage effectiveness. *Construction and building materials, 364*, 129950. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129950

Coaguila, R. P., & Ramos, C. (2025). *Estabilización de suelos con finos de pavimentación utilizando fibra de vidrio reciclado en la Av. El Paraíso, San Antonio, Moquegua 2023.* [Tesis de grado, Universidad José Carlos Mariátegui]. https://hdl.handle.net/20.500.12819/3540

Cubas, J. P. (2024). *Mejoramiento de la capacidad de soporte de la vía Antenor Orrego mediante adición de cal y escoria - Jaén 2023.* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/8082/TESIS%20-%20CUBAS%20TORO%20JESSICA%20PAOLA.pdf?sequence=1

Daryaee, D., Elyasi, M., Sarabi, F., & Yoosefi, A. (2024). Feasibility of Increasing the Bearing Capacity of Sand-Clay Subgrade Soil using the Combination of Glass Fibers and Polyethylene Granules. *Road, 32*(120), 149-162. https://doi.org/10.22034/carretera.2023.387910.2150

Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta edición ed.).* Cengage Learning.

Dazzi, C., & Papa, G. L. (2022). A new definition of soil to promote soil awareness, sustainability, security and governance. *International Soil and Water Conservation Research, 10*(1), 99-108. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.07.001

Diniță, A., Ripeanu, R. G., Ilincă, C. N., Cursaru, D., Matei, D., Naim, R. I., & Portoacă, A. I. (2023). Advancements in Fiber-Reinforced Polymer Composites: A Comprehensive Analysis. *Polymers, 16*(1), 2. https://doi.org/10.3390/polym16010002

Elhassasn, A. A., Qabur, A., Aati, K., Hassaballab, A. E., Abbadi, A., & Bazuhair, R. W. (2025). Optimized Deep Learning Framework for Reliable Prediction of Pavement Subgrade CBR. *Transportation Engineering, 21*, 100382. https://doi.org/10.1016/j.treng.2025.100382

Espinosa, A. B., Revilla-Cuesta, V., Skaf, M., Serrano-Lopez, R., & Ortega-Lopez, V. (2023). Strength performance of low-bearing-capacity clayey soils stabilized with ladle furnace

slag. *Environmental Science and Pollution Research, 30*(45), 101317-101342. https://doi.org/10.1007/s11356-023-29375-y

Famewo, B. G., & Shokouhian, M. (2025). A Review of Pavement Performance Deterioration Modeling: Influencing Factors and Techniques. *Symmetry, 17*(11), 1992. https://doi.org/10.3390/sym17111992

Gálvez, M. R. (2023). *Efecto de la Adición de Vidrio Pulverizado para la Estabilización de Suelos Arenosos en Subrasante.* [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. https://hdl.handle.net/20.500.12802/11403

Goicochea, C. E., & Lugones, M. H. (2023). *Uso de sedimentos de Chavimochic y Cal para la estabilización de suelos arenosos en el tramo desvió de Virú – puerto Morín – la libertad 2022.* [Tesis de pregrado para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://hdl.handle.net/20.500.12759/10670

Gul, N., & Mir, B. A. (2023). Performance evaluation of silty soil reinforced with glass fiber and cement kiln dust for subgrade applications. *Construction and Building Materials, 392*, 131943. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131943

Guzmán, N. J., & Patiño, L. F. (2018). *Estimación del módulo de reacción combinado para diferentes estructuras de subbase de pavimento rígido.* [Tesis de grado, Universidad Santo Tomás de Bogotá D.C.].

Hasan, M. F., & Abuel-Naga, H. (2024). Determining liquid limit and plastic limit of clay soils by electrical surface conduction and diffuse double layer thickness. *Minerals*, *14*(3), 210. https://doi.org/10.3390/min14030210

Hernández, A. (2021). *Comportamiento mecánico de un suelo arcilloso estabilizado con puzolanas y cal como material para capa sub base.* [Tesis de maestría en ingeniería de vías terrestres y movilidad, Universidad Autónoma de Querétaro]. https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/8846

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta · Parte 1. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* McGrawHill Education. https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612

Hosna, A. U., & Sagor, A. S. (2025). Investigation of CBR Value of Sylhet Sand Blended With Local Sand. *Emerging Technologies and Engineering Journal,, 2*(1), 28-41. https://pdfs.semanticscholar.org/83ed/24850441cc254cfd8a0a25349352c05f6cd4.pdf

Huamani, O. A. (2024). *Incorporación de fibras sintéticas para la estabilización de la subrasante en el distrito de Chilca – Huancayo 2022.* [Tesis de grado, Universidad Privada de Tacna]. http://hdl.handle.net/20.500.12969/3496

INACAL. (2019). *NTP 339.127. SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.128. SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.129. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.141. SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)). 1ª Ed.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

INACAL. (2019). *NTP 339.145. SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ªEd.* Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Iquilio, R., Valín, J. L., Villalobos, K., Núñez, S., González, Á., & Valin, M. (2024). Influence of fiber orientation on mechanical response of jute fiber-reinforced polymer composites. *Polymers, 16*(18), 2573. https://doi.org/10.3390/polym16182573

Jastrzębska, M. (2025). Use of Alternative Materials in Sustainable Geotechnics: State of World Knowledge and Some Examples from Poland. *Applied Sciences, 15*(6), 1-10. https://doi.org/10.3390/app15063352

Kehinde, A. S., Igbokwe, I. E., Okon, J. E., & Koku-Ojumu, B. E. (2020). Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with glass fiber. *Int. J. Eng. Res. Technol*, *9*(9), 1078-1081. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64740634/geotechnical_properties_of_lateritic_soil_stabilized_IJERTV9IS090348-libre.pdf?1603359605=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIJERT_Geotechnical_Properties_of_Laterit.pdf&Expires=1743198054&Sig

Kehinde, A. S., Igbokwe, I. E., Okon, J. E., & Koku-Ojumu, B. E. (2020). Geotechnical properties of lateritic soil stabilized with glass fiber. *Int. J. Eng. Res. Technol*, *9*(9), 1078-1081. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64740634/geotechnical_properties_of_lateritic_soil_stabilized_IJERTV9IS090348-libre.pdf?1603359605=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIJERT_Geotechnical_Properties_of_Laterit.pdf&Expires=1743198054&Sig

Khatti, J., & Grover, K. S. (2023). Prediction of compaction parameters for fine-grained soil: Critical comparison of the deep learning and standalone models. *ournal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 15*(11), 3010-3038. https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.12.034

Kumar, P., & Shukla, S. (2022). Flexible pavement construction using different waste materials: A review. *Materials Today: Proceedings, 65*(2), 1697-1702. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.713

Kumar, S., Shukla, A. K., Sharma, A. K., & Kadabinakatti, S. (2025). Enhancement of subgrade soil properties using coal bottom ash and basalt fiber for sustainable pavement applications. *Transportation Engineering, 21*(1), 1-16. https://doi.org/10.1016/j.treng.2025.100377

Li, Y., Du, Y., Liu, L., Zhang, J., Hao, J., Zhang, X., & Zhang, X. (2024). Influence depth of highway subgrade under heavy vehicle loads based on a theoretical model. *Frontiers in Built Environment, 10*, 1497868. https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1497868

Liu, W., Huang, X., Feng, X., & Xie, Z. (2023). Compaction and bearing characteristics of untreated and treated lateritic soils with varying moisture content. *Construction and Building Materials, 392*, 131893. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131893

López, L. J., & Montalván, B. C. (2024). *Efectos de la incorporación de polvo de vidrio reciclado en la estabilización de la subrasante de la calle 10 de agosto, distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas – 2023.* [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. http://hdl.handle.net/20.500.14503/3183

Macías-Párraga, M., Echarri, F. J., Alonso-Pandavenes, O., & Garzón-Roca, J. (2025). Improvement of expansive soils: a review focused on applying innovative and sustainable techniques in the Ecuadorian coastal soils. *Applied Sciences, 15*(15), 8184. https://doi.org/10.3390/app15158184

Madrid, R., Mechan, V., Asto, L., Barboza, C., & Seclen, K. (2024). Influence of fibres on the resilient modulus and expansion of clayey subgrade soils. *International Journal of Pavement Engineering, 25*(1), 2298262. https://doi.org/10.1080/10298436.2023.2298262

Manaviparast, H. R., Cristelo, N., Pereira, E., & Miranda, T. (2025). A Comprehensive Review on Clay Soil Stabilization Using Rice Husk Ash and Lime Sludge. *Applied Sciences, 15*(5), 1-10. https://doi.org/10.3390/app15052376

Marin, N. K. (2023). *Influencia de la aplicación de cloruro de sodio en la estabilización de suelos arcillosos para uso como subrasante mejorada del pavimento de la carretera*

Cajamarca - Huacariz 2021. [Tesis de grado para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. http://hdl.handle.net/20.500.14074/5793

Megrousse, M., Mahmoudi, Y., Cherif Taiba, A., Azaiez, H., & Belkhatir, M. (2025). Mechanical Properties of Sand Enhanced by Combined Polymer Stabilizer and Natural Fibers. *Transportation Infrastructure Geotechnology, 12*(1), 12. https://doi.org/10.1007/s40515-024-00466-8

Mendoza-Sánchez, J. F., Alonso-Guzmán, E. M., Martínez-Molina, W., Chávez-García, H. L., Soto-Espitia, R., Delgado-Alamilla, H., & Obregón-Biosca, S. A. (2024). A Critical Review of Pavement Design Methods Based on a Climate Approach. *Sustainability, 16*(16), 7211. https://doi.org/10.3390/su16167211

Mercado, J. L. (2021). *Diseño de pavimentos flexibles. Epecialización en ingeniería de pavimentos.* Universidad Militar Nueva Granada.

Milosan, I., Bedo, T., Gabor, C., & Pop, M. A. (2025). Mechanical Characteristics of Glass-Fiber-Reinforced Polyester Composite Materials. *Materials, 18*(15), 3595. https://doi.org/10.3390/ma18153595

Morales, F. (2012). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. *[online], 11*(3), 1-5. https://www.ucipfg.com/Repositorio/MSCG/Practica_independiente/UNIDAD1/Tipos%20de%20investigaci%C3%B3n.docx

Mostafa, A. E., Eisa, M., & Ibrahim, M. F. (2024). Effect of stabilizing subgrade layer using various additives on the flexible pavement design. *Innovative Infrastructure Solutions, 9*(5), 147. https://doi.org/10.1007/s41062-024-01430-8

Mostafa, A. M., Morsi, A. G., & Hegazy, A. A. (2023). Effects of Fiberglass on the Strength of Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) as a Subbase Materials. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science, 9*(12), 84-89. https://www.researchgate.net/profile/Ahmed-Morsi-5/publication/382248025_Effects_of_Fiberglass_on_the_Strength_of_Reclaimed_Asphalt_Pavement_RAP_as_a_Subbase_Materials/links/66b5e3d151aa0775f2755e1b/Effects-of-Fiberglass-on-the-Strength-of-Reclaimed-Aspha

MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

MTC. (2016). *Guía para el cumplimiento de la meta 40.* Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC].

MTC. (2018). *Manual de carreteras: Mantenimiento o conservación vial.* Ministerio de Transporte y Comunicaciones, MTC.

MTC. (27 de noviembre de 2024). Red Vial Existente del Sistema Nacional de Carreteras, según Superficie de Rodadura 1990 - Jul.2024. *Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)*. https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial

Muñoz, C. J. (2007). *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de vidrio.* [Tesis de grado, Universidad Austral de Chile]. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/bmfcim971c/sources/bmfcim971c.pdf

Noaman, M. F., Khan, M. A., & Ali, K. (2022). Effect of artificial and natural fibers on behavior of soil. *Materials Today: Proceedings, 64*(1), 481-487. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.954

Noolu, V., Bingi, N., & Chavali, R. V. (2024). Assessing the synergistic effects of GGBS and glass fiber on expansive soil behavior using response surface methodology. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation, 9*(1), 32. https://doi.org/10.1007/s41024-024-00393-8

Noreña, A. L., Alcaraz-Moreno, N., Rojas, J. G., & Rebolledo-Malpica, D. (2012). Aplicabilidade dos critérios de rigor e éticos na pesquisa qualitativa. *Aquichan, 12*(3), 263-274. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-59972012000300006&script=sci_abstract&tlng=pt

O'Kelly, B. C. (2024). Theory of liquid and plastic limits for fine soils, methods of determination and outlook. *Geotechnical Research, 11*(1), 43-61. https://doi.org/10.1680/jgere.23.00038

Patel, S. K. (2022). Experimental Investigation of Glass Fiber Reinforced Clayey Soil for Its Possible Application as Pavement Subgrade Material. *New Approaches in Foundation Engineering. IntechOpen, 1*(1), 1-15. https://doi.org/10.5772/intechopen.102802

Pérez, L., & Rubio, K. Y. (2022). *Mejoramiento de afirmado con adición de cal estructural en el camino vecinal SM 107 Alfonso Ugarte, Nuevo Alianza – Nuevo Piura – Sector Contamana – Picota – San Martín.* [Tesis de grado, Universidad Científica del Perú]. http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1892

Pratap, A., Kumar, R., & Yadav, M. (2025). Enhanced stability of regur soil through integration of Kota limestone powder fly ash and synthetic polymer fibers. *AIP Conference Proceedings, 3254*(1), 1-10. https://doi.org/10.1063/5.0247103

Pule, B. B., & Yendaw, J. A. (2024). The effect of geotechnical soil properties on CBR value: review. *AI in Civil Engineering, 3*(1), 19. https://doi.org/10.1007/s43503-024-00039-1

Rahman, M. M., Gassman, S. L., & & Islam, K. M. (2023). Effect of moisture content on subgrade soils resilient modulus for predicting pavement rutting. *Geosciences, 13*(4), 103. https://doi.org/10.3390/geosciences13040103

Rushing, J. L., Howard, I. L., Robinson, W., & Stache, J. M. (2025). tate-of-Knowledge in Modulus of Subgrade Reaction Testing with Associated Pavement Design Implications. *Transportation Research Record, 2679*(10), 1192-1209. https://doi.org/10.1177/03611981251346175

Said, D., Foda, A., Abdelhalim, A., & Elkhedr, M. (2024). Performance—Based Route Selection for Mountainous Highways: A Numerical Approach to Addressing Safety, Hydrological, and Geological Aspects. *Applied Sciences, 14*(13), 5844. https://doi.org/10.3390/app14135844

Selezneva, O. I., Hallenbeck, M., & & Walker, D. (2022). Traffic Data and Summary Statistics Available through the Long-Term Pavement Performance Program for Pavement Modeling and Beyond. *Transportation Research Record, 2676*(10), 426-44. https://doi.org/10.1177/03611981221089943

Shokry, S., Alrashidi, A., & El-Bany, M. E. (2025). Impact of road geometry on school-area traffic congestion using regression and machine learning analysis: lessons from six Saudi cities. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 34*, 101686. https://doi.org/10.1016/j.trip.2025.101686

Soberon, B. B. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos usando vidrio reciclado molido para su uso como subrasante mejorada en pavimentos urbanos en la urb. Ciudad del Chofer, Chiclayo 2019.* [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. http://hdl.handle.net/20.500.12423/5368

Stępień, J., Chomicz-Kowalska, A., Tutaj-Dudała, M., Dudała, M., Maciejewski, K., Ramiączek, P., & Iwański, M. M. (2025). Influence of compaction methods on properties of roller-compacted concrete pavement wearing surfaces. *Materials, 18*(3), 492. https://doi.org/10.3390/ma18030492

Styer, J., Tunstall, L., Landis, A., & Grenfell, J. (2024). Innovations in pavement design and engineering: A 2023 sustainability review. *Heliyon, 10*(13), e33602. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33602

Taha, S., Gabr, A., & El-Badawy, S. (2019). Regression and neural network Models for California Bearing Ratio Prediction of Typical Granular Materials in Egypt. *Arabian*

Journal for Science and Engineering, 44(10), 8690-8705. https://doi.org/10.1007/s13369-019-03803-z

Tamayo, M. (2007). Tipo de Investigación. *Abouhamad, Apuntes de investigación en ciencias sociales, 52*(1), 48-52.

Thomason, J., Carlin, A., & Yang, L. (2024). Non-circular cross-section fibres for composite reinforcement—a review with a focus on flat glass fibres. *Fibers, 12*(11), 98. https://doi.org/10.3390/fib12110098

Toth, C., Lukacs, N. L., & Kovacs, N. K. (2024). The role of the fiber–matrix interface in the tensile properties of short fiber–reinforced 3D-printed polylactic acid composites. *Polymer Composites, 45*(15), 13589-13602. https://doi.org/10.1002/pc.28720

Turkane, S. D., & Chouksey, S. K. (2022). Design of low volume road pavement of stabilized low plastic soil using fly ash geopolymer. *Materials Today: Proceedings, 65*(2), 1154-1160. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.167

Vinay, A., Sridhar, H. N., Shiva Kumar, G., Ujwal, M. S., Ramaraju, H. K., & Pandit, P. (2026). Performance evaluation and machine learning-based prediction of black cotton soil stabilization with supplementary cementitious binders. *Discover Applied Sciences, 8*(304). https://doi.org/10.1007/s42452-025-08202-8

Wang, J., Ling, J., Ling, D., Hu, T., & He, C. (2023). Research on representation of particle size distribution for standard sands. *Powder Technology, 424*, 118537. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.118537

Wang, X., Li, J., Li, J., Zhang, J., & Ma, G. (2025). Advanced intelligent compaction strategy for subgrade soil considering heterogeneous database. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 17*(5), 3265-3279. https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2024.11.029

Wibowo, D. E., Ramadhan, D. A., & Prayuda, H. (2023). Soil stabilization using rice husk ash and cement for pavement subgrade materials. *Revista de la construcción,, 22*(1), 192-202. http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.22.1.192

Xiao, D., Zhang, J., Xu, W., Wang, J., Qiu, N., Wu, J., & Yao, Z. (2024). Features of the reinforcement–soil interfacial effect in fiber-reinforced soil based on pullout tests. *Construction Materials, 4*(4), 810-838. https://doi.org/10.3390/constrmater4040044

Yan, W., Shi, J., Cao, X., Zhang, M., Li, L., & Jiang, J. (2025). A Review on the applications of basalt fibers and their composites in infrastructures. *Buildings, 15*(14), 2525. https://doi.org/10.3390/buildings15142525

Yao, Y., Fan, J., & Li, J. (2025). A review of advanced soil moisture monitoring techniques for slope stability assessment. *Water*, *17*(3), 390. https://doi.org/10.3390/w17030390

Zhang, J., Zhang, A., Li, J., & Fan, H. (2024). Enhanced understanding on permanent deformation behaviour of subgrade compacted clay under long-term cyclic loading. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, *187*, 108972. https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2024.108972

APÉNDICES

Apéndice 1. Matriz de consistencia

Título de la tesis: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

Tesista(s): Joel Fernando Bustamante Ruiz, Ronaldo Alder Gálvez Mejía

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicador	Metodología
¿Cómo varía el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz ante la incorporación de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo?	**Objetivo general** Evaluar el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz mediante la adición de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso seco del suelo, en el distrito de Chota. **Objetivos específicos** – Realizar los estudios básicos de diagnóstico vial, que incluyeron el inventario de la vía, el estudio de tráfico vehicular, el estudio de mecánica de suelos y el levantamiento topográfico del tramo Colpamatara–Colpahuacariz. – Analizar la variación de la máxima densidad seca (MDS), el óptimo contenido de humedad (OCH) y la capacidad de soporte (California Bearing Ratio, CBR) del suelo de la subrasante ante la incorporación de fibra de vidrio en las proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%. – Comparar el desempeño físico-mecánico del suelo de la subrasante en estado natural y con la incorporación de fibra de vidrio a las proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%.	Hipótesis alternativa (Hi): La incorporación de fibra de vidrio en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% modificó el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara–Colpahuacariz, lo que se reflejó en variaciones de la máxima densidad seca (MDS), del contenido de humedad óptimo (OCH) y de la capacidad de soporte (CBR) respecto del suelo natural. Hipótesis nula (H0): La incorporación de fibra de vidrio no modificó el comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante; por tanto, no se observaron variaciones relevantes en la MDS, el OCH y el CBR respecto al suelo natural.	VI Fibra de vidrio	Porcentaje de adición	0.5 1.0 1.5	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicado Nivel: Explicativo Diseño: No experimental Muestra: La muestra estará compuesta por tres calicatas extraídas de diferentes puntos de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota. Cada calicata proporcionará un volumen determinado de suelo que será sometido a ensayos de laboratorio, como compactación y CBR, tanto en su estado natural como con diferentes porcentajes de fibra de vidrio (0%, 0.5%, 1% y 1.5%).
			VD Comportamiento físico mecánico del suelo de la subrasante	Características de la carretera	Ubicación geográfica Tiempo de recorrido Conectividad (cruces) Espesor de pavimento Obras de arte	
				Características topográficas	Longitud Ancho Pendiente	
				Características de tránsito vehicular	Número de vehículos IMDA ESAL	
				Características del suelo de la subrasante	Humedad Granulometría LL LP IP MDS OCH CBR	
				Propiedades físicas derivadas de la compactación del suelo	MDS OCH	
				Propiedades mecánicas del suelo	CBR al 95% MDS CBR al 100% MDS Módulo de reacción de la subrasante	

Apéndice 2. Inventario vial

INVENTARIO VIAL

Datos Generales



I. Ubicación política:

Distrito(s): Chota
Provincia(s): Chota
Departamento: Cajamarca

II. Ubicación Geográfica:

Inicio:

Progresiva:	0+000	Km
Coordenada:	9276348	N
	761897.7	E

Fin:

Progresiva:	1+860	Km
Coordenada:	9276991.2	N
	760380.06	E

III. Clasificación del camino (ruta):

TIPO I: 1.86 Km

IV. Tiempo promedio de recorrido vehicular en el tramo:

5 minutos

V. Velocidad promedio:

30 Km/h

VI. Cruce de centros poblados:

Progresiva	Nombre	Foto N°
0+660	Cruce 01 al centro poblado de Colpahuacariz	1

VII. Panel fotográfico



Foto 01. Km 0+000, inicio del tramo, campus universitario Colpamatara.



Foto 02. Cruce al centro poblado Colpahuacariz.



Foto 03. Capilla católica Colpahuacariz.



Foto 04. Km 1+860, fin del tramo, campus universitario Colpahuacariz.

INVENTARIO VIAL

Topografía

Tipo de terreno:	Plano: P	Ondulado: O	Accidentado: A	Escarpado: E

Progresiva		Tipo de terreno	Ancho superf. Rodadura	Pendiente (%)	Derrumbes	Foto N°
Del Km	Al Km					
0+000	0+100	O	6.80	5.45	No	1
		O	5.00	-7.40	No	
0+100	0+200	O	4.65	-7.40	No	2
		O	4.50	-7.86	No	
0+200	0+300	O	4.30	-7.86	No	3
		O	4.20	-2.56	No	
		O	4.65	0.00	No	
0+300	0+400	O	5.30	5.86	No	4
		O	4.30	1.53	No	
		O	3.50	-7.57	No	
		O	3.00	7.17	No	
		O	3.00	3.11	No	
0+400	0+500	O	3.80	4.29	No	5
		O	4.20	7.93	No	
0+500	0+600	A	4.20	12.63	No	6
		O	4.00	3.15	No	
		O	4.40	-1.45	No	
0+600	0+700	O	4.35	1.54	No	7
		O	5.30	2.92	No	
		O	5.30	0.58	No	
0+700	0+800	O	5.40	-5.15	No	8
		A	4.65	-11.22	No	
		A	4.00	-9.22	No	
800	0+900	A	4.00	-9.22	No	9
		O	6.40	-0.21	No	
		O	5.00	-2.71	No	
0+900	1+000	O	6.50	0.41	No	10
		O	5.80	6.51	No	
1+000	1+100	O	5.00	6.09	No	11
		O	5.00	6.09	No	
1+100	1+200	O	5.85	2.30	No	12
		O	7.50	-4.05	No	
		O	11.50	-7.83	No	
		A	11.00	-11.52	No	

INVENTARIO VIAL

Topografía

Tipo de terreno: Plano: P Ondulado: O Accidentado: A Escarpado: E

Progresiva		Tipo de terreno	Ancho superf. Rodadura	Pendiente (%)	Derrumbes	Foto N°
Del Km	Al Km					
1+200	1+300	A	11.20	-11.52	No	13
		A	11.00	-11.52	No	
1+300	1+400	A	10.50	-12.12	No	14
		A	7.80	-12.12	No	
1+400	1+500	A	8.50	-9.16	No	15
		A	8.70	-9.16	No	
1+500	1+600	A	8.80	-10.67	No	16
		A	8.50	-10.67	No	
1+600	1+700	A	8.65	-12.38	No	17
		A	6.65	-12.38	No	
1+700	1+800	A	7.65	-13.75	No	18
		A	7.00	-19.54	No	
		O	8.80	-7.52	No	
1+800	1+860	O	7.15	-6.62	No	19
		O	7.20	-8.21	No	
		O	8.20	-5.35	No	

INVENTARIO VIAL

Panel fotográfico - Topografía



Foto 01. Km 0+000 al Km 0+100



Foto 02. Del Km 0+100 al Km 0+200



Foto 03. Km 0+200 al Km 0+300



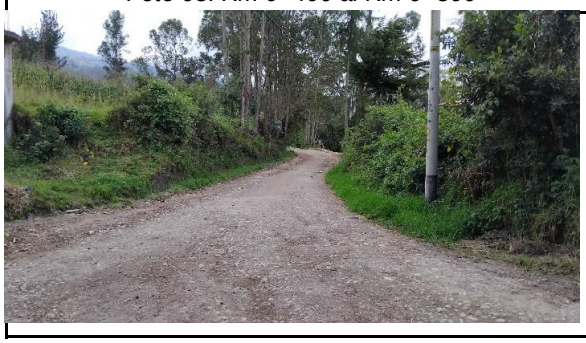
Foto 04. Del Km 0+300 al Km 0+400



Foto 05. Km 0+400 al Km 0+500



Foto 06. Del Km 0+500 al Km 0+600





INVENTARIO VIAL

Panel fotográfico - Topografía

Foto 07. Km 0+600 al Km 0+700	*Foto 08. Del Km 0+700 al Km 0+800*
	
Foto 09. Km 0+800 al Km 0+900	*Foto 10. Del Km 0+900 al Km 1+000*
	
Foto 11. Km 1+000 al Km 1+100	*Foto 12. Del Km 1+100 al Km 1+200*
	
Foto 13. Km 01+200 al Km 1+300	*Foto 14. Del Km 1+300 al Km 1+400*

INVENTARIO VIAL

Panel fotográfico - Topografía



Foto 15. Km 1+400 al Km 1+500



Foto 16. Del Km 1+500 al Km 1+600



Foto 17. Km 1+600 al Km 1+700



Foto 18. Del Km 1+700 al Km 1+800



Foto 19. Km 1+800 al Km 1+860



Foto 20. Campus Colpahuacariz

INVENTARIO VIAL
Daños en la superficie de rodadura

LEYENDA				
Tipo de Daño	1. Deformación	2. Erosión	3. Baches ó Huecos	
	4. Encalaminado	5. Lodazal	6. Cruce de Agua	
Nivel de Gravedad	0. Sin Deterioro	1. Leve	2. Moderada	3. Severa

Progresiva		Daños en pavimento		Sección evaluada		Dimensiones			Foto N°
Del Km	Al Km	Tipo de daño	Nivel de gravedad	Long. evaluada	Ancho de plataf.	Long. de deterioro	Ancho de det.	Área o # de deterioro	
0+000.00	0+500.00	1. Deformación	1	500.00	4.65	100.00	4.65	465.00	
			2	500.00	4.65	100.00	4.65	465.00	
			3	500.00	4.65	0.00	0.00	0.00	
		2. Erosión	1	500.00	4.65	100.00	4.65	465.00	
			2	500.00	4.65	0.00	0.00	0.00	
			3	5000.00	4.65	0.00	0.00	0.00	
		3. Baches	1	500.00	4.65	0.00	0.00	5	A1
			2	500.00	4.65	0.00	0.00	5	
			3	500.00	4.65	0.00	0.00	5	
		4. Encalaminado	1	500.00	4.65	0.00	0.00	0.00	
			2	500.00	4.65	0.00	0.00	0.00	
			3	500.00	4.65	0.00	0.00	0.00	
		5. Lodazal	1	500.00	4.65	50.00	4.65	232.50	
		6. Cruce de agua	1	250.00	4.65	15.00	4.65	69.75	
0+500.00	1+000.00	1. Deformación	1	500.00	5.40	100.00	5.40	540.00	
			2	500.00	5.40	100.00	5.40	540.00	
			3	500.00	5.40	0.00	0.00	0.00	
		2. Erosión	1	500.00	5.40	100.00	5.40	540.00	
			2	500.00	5.40	150.00	5.40	810.00	
			3	5000.00	5.40	0.00	0.00	0.00	
		3. Baches	1	500.00	5.40	0.00	0.00	10	A2
			2	500.00	5.40	0.00	0.00	5	
			3	500.00	5.40	0.00	0.00	3	
		4. Encalaminado	1	500.00	5.40	250.00	4.00	1000.00	
			2	500.00	5.40	0.00	0.00	0.00	
			3	500.00	5.40	0.00	0.00	0.00	
		5. Lodazal	1	500.00	5.40	0.00	0.00	0.00	

INVENTARIO VIAL
Daños en la superficie de rodadura

LEYENDA				
Tipo de Daño	1. Deformación	2. Erosión	3. Baches ó Huecos	
	4. Encalaminado	5. Lodazal	6. Cruce de Agua	
Nivel de Gravedad	0. Sin Deterioro	1. Leve	2. Moderada	3. Severa

Progresiva		Daños en pavimento		Sección evaluada		Dimensiones			Foto N°
Del Km	Al Km	Tipo de daño	Nivel de gravedad	Long. evaluada	Ancho de plataf.	Long. de deterioro	Ancho de det.	Área o # de deterioro	
		6. Cruce de agua	1	250.00	5.40	0.00	0.00	0.00	
1+000.00	1+500.00	1. Deformación	1	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	A3
			2	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
			3	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
		2. Erosión	1	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
			2	500.00	8.80	500.00	8.80	4400.00	
			3	5000.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
		3. Baches	1	500.00	8.80	0.00	0.00	15	
			2	500.00	8.80	0.00	0.00	0	
			3	500.00	8.80	0.00	0.00	3	
		4. Encalaminado	1	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
			2	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
			3	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
		5. Lodazal	1	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
		6. Cruce de agua	1	500.00	8.80	0.00	0.00	0.00	
1+500.00	1+860.00	1. Deformación	1	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	A4
			2	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	
			3	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	
		2. Erosión	1	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	
			2	360.00	7.65	360.00	7.65	2754.00	
			3	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	
		3. Baches	1	360.00	7.65	0.00	0.00	0	
			2	360.00	7.65	0.00	0.00	0	
			3	360.00	7.65	0.00	0.00	0	
		4. Encalaminado	1	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	
			2	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	
			3	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	
		5. Lodazal	1	360.00	7.65	0.00	0.00	0.00	

INVENTARIO VIAL
Daños en la superficie de rodadura

A. Panel fotográfico

A1. Del Km 0+000.00 al Km 0+500.00

Deformación



Foto 01. Deformación por paso de agua



Foto 02. Deformación por paso de agua

Erosión



Foto 03. Erosión, en el lado derecho e izquierdo de la vía

Baches



Foto 04. Baches de gravedad alta.

Lodazal



Foto 09. Lodazal producto del paso de agua por medio de la carretera

Cruce de agua



Foto 10. Lodazal a lo largo de todo el tramo de estudio

INVENTARIO VIAL
Daños en la superficie de rodadura

A. Panel fotográfico

A2. Del Km 0+500.00 al Km 1+000.00

Deformación



Foto 01. Deformación por paso de agua



Foto 02. Deformación de gravedad media.

Erosión



Foto 03. Erosión, en el lado derecho e izquierdo de la vía



Foto 04. Erosión a lo largo de todo el tramo

Baches **Encalaminado**



Foto 05. Baches de severidad alta



Foto 06. Baches a lo largo de todo el tramo

INVENTARIO VIAL
Daños en la superficie de rodadura

A. Panel fotográfico

A3. Del Km 1+000.00 al Km 1+500.00

Erosión	Baches



Foto 01. Deformación por paso de agua



Foto 02. Deformación de gravedad alta.

INVENTARIO VIAL
Daños en la superficie de rodadura

A. Panel fotográfico

A4. Del Km 1+500.00 al Km 1+860

Erosión



Foto 03. Erosión, en el lado derecho e izquierdo de la vía



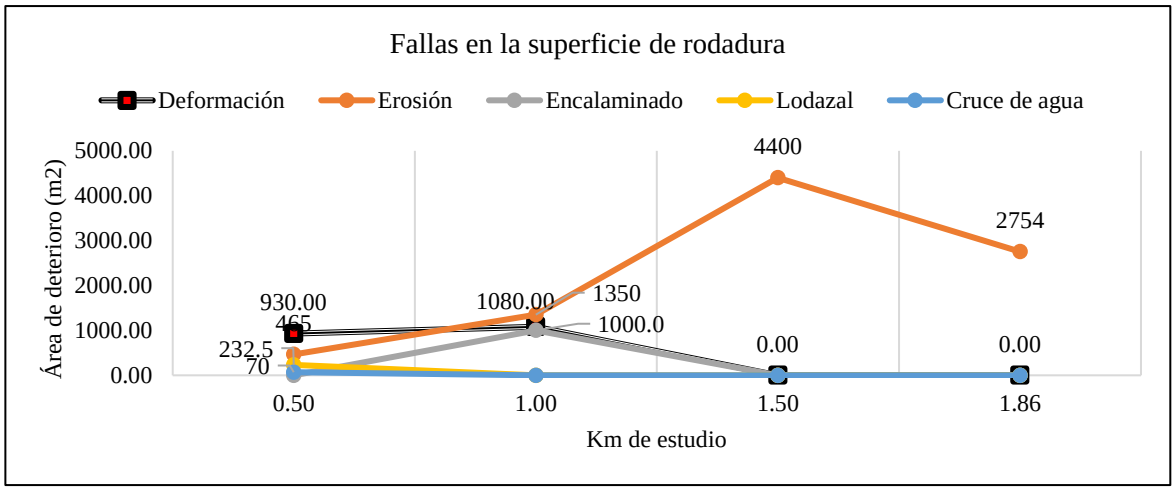
Foto 04. Erosión a lo largo de todo el tramo, que unido a la lluvia forma lodazal

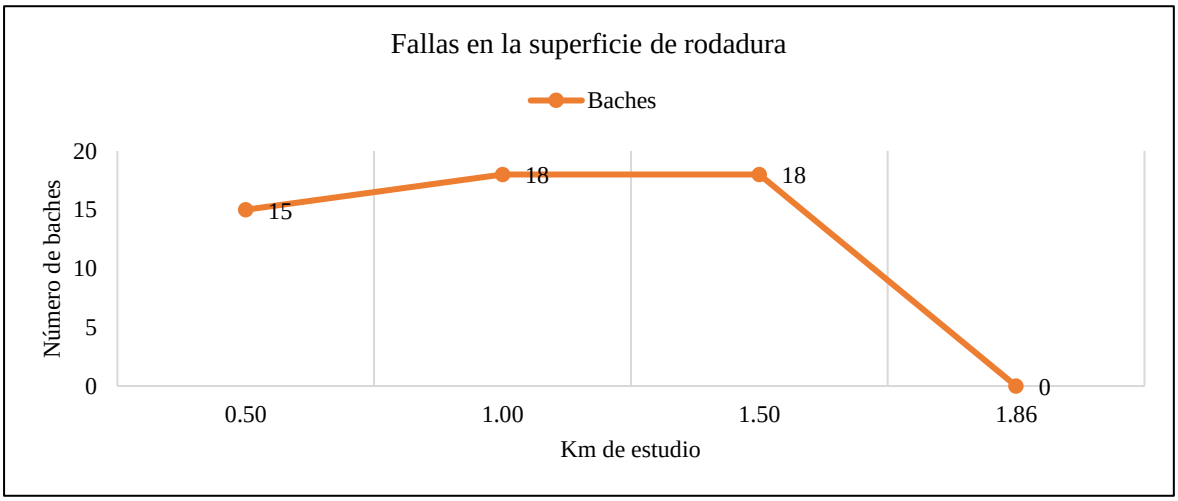
INVENTARIO VIAL

Daños en la superficie de rodadura

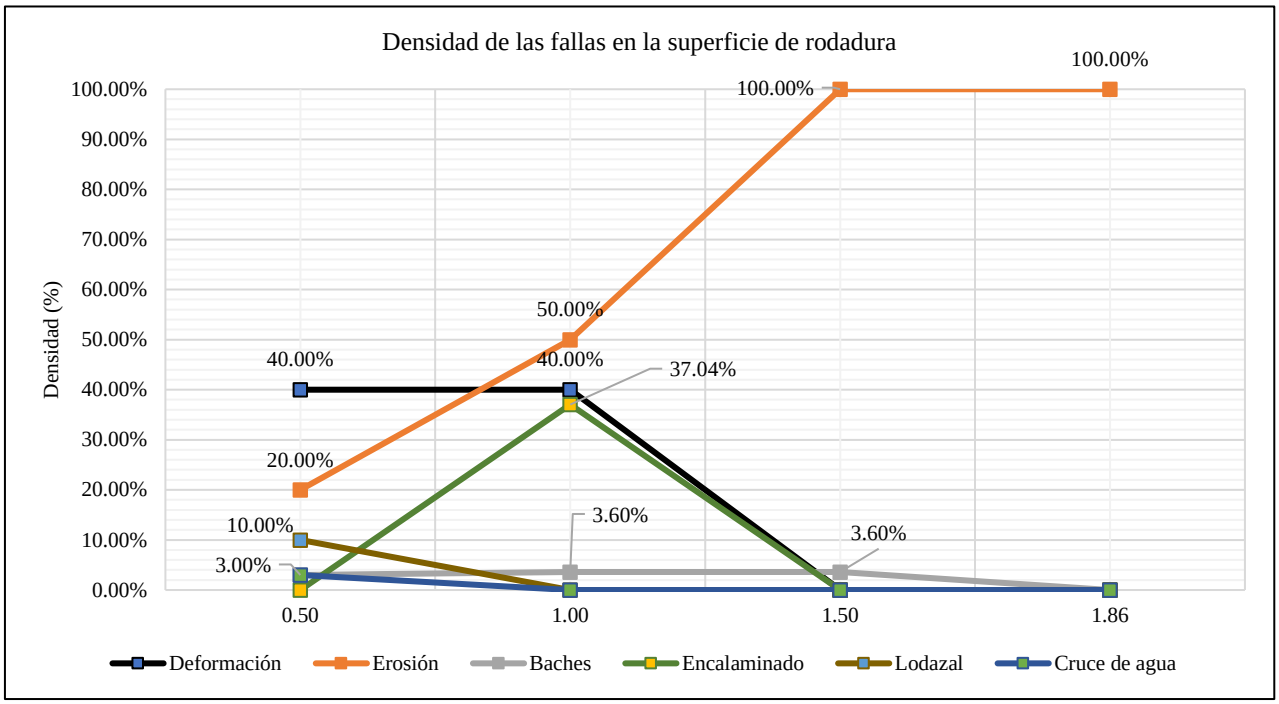
Progresiva		Daños en pavimento	
Del Km	**Al Km**	**Tipo de daño**	**Área o # de deterioro**
0+000.00	0+500.00	1. Deformación (m2)	930.00
		2. Erosión (m2)	465.00
		3. Baches (N°)	15
		4. Encalaminado (m2)	0.00
		5. Lodazal (m2)	232.50
		6. Cruce de agua (m2)	69.75
0+500.00	1+000.00	1. Deformación	1080.00
		2. Erosión	1350.00
		3. Baches	18
		4. Encalaminado	1000.00
		5. Lodazal	0.00
		6. Cruce de agua	0.00
1+000.00	1+500.00	1. Deformación	0.00
		2. Erosión	4400.00
		3. Baches	18
		4. Encalaminado	0.00
		5. Lodazal	0.00
		6. Cruce de agua	0.00
1+500.00	1+860.00	1. Deformación	0.00
		2. Erosión	2754.00
		3. Baches	0.00
		4. Encalaminado	0.00
		5. Lodazal	0.00
		6. Cruce de agua	0.00

	Deformación	Erosión	Baches	Encalaminado	Lodazal	Cruce de agua
Km	Área de deterioro (m2)	Área de deterioro (m2)	Número de deterioro	Área de deterioro (m2)	Área de deterioro (m2)	Cruce de agua
0.50	930.00	465	15	0.0	232.5	70
1.00	1080.00	1350	18	1000.0	0.0	0
1.50	0.00	4400	18	0.0	0.0	0
1.86	0.00	2754	0	0.0	0.0	0





		Densidad					
	Km	Deformación	Erosión	Baches	Encalaminado	Lodazal	Cruce de agua
4.65	0.50	40.00%	20.00%	3.00%	0.00%	10.00%	3.00%
5.4	1.00	40.00%	50.00%	3.60%	37.04%	0.00%	0.00%
8.8	1.50	0.00%	100.00%	3.60%	0.00%	0.00%	0.00%
7.65	1.86	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%


Densidad de las fallas en la superficie de rodadura
Densidad (%)
100.00%
90.00%
80.00%
70.00%
60.00%
50.00%
40.00%
30.00%
20.00%
10.00%
0.00%
0.50
1.00
1.50
1.86
100.00%
100.00%
50.00%
40.00%
40.00%
37.04%
20.00%
10.00%
3.00%
3.60%
3.60%
Deformación
Erosión
Baches
Encalaminado
Lodazal
Cruce de agua

INVENTARIO VIAL
Formato N° 3.B. Verificación de espesor de pavimento

N°	Progresiva	Norte	Este	Espesor del afirmado (cm)	Observación visual	Fotogr. N°
1	0+247	9276487	761698	13	Espesor medio, con capa granular visible y material suelto alrededor de la excavación.	1
2	0+470	9276633	761543	19	Mayor espesor aparente; la lectura de la cinta se aproxima a 18–20 cm.	2
3	0+708	9276745	761344	14	Espesor intermedio, la superficie de rodadura se aprecia alrededor de 13–15 cm.	3
4	1+135	9276718	760969	13	Espesor medio, con lectura parcialmente visible por la distancia de la fotografía.	4
5	1+274	9276776	760843	11	Menor espesor aparente, la lectura se aproxima a 10–12 cm.	5
6	1+514	9276922	760653	13	Espesor medio, con material granular heterogéneo en la zona excavada.	6
7	1+595	9276969	760587	11	Espesor bajo a medio, la lectura visible se aproxima a 10–12 cm.	7
8	1+808	9277030	760414	19	Mayor espesor aparente, la excavación muestra una profundidad cercana a 18–20 cm.	8
9	1+854	9276995	760384	13	Espesor medio, la lectura visual se aproxima a 12–14 cm.	9
Promedio				14	Pérdida del espesor de la capa de afirmado de aproximadamente 6 cm	

INVENTARIO VIAL
Formato N° 3.B. Verificación de espesor de afirmado

B. Panel fotográfico



01: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 00+000.



02: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 0+247.



03: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 0+470



04: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 0+708.

INVENTARIO VIAL
Formato N° 3.B. Verificación de espesor de afirmado

B. Panel fotográfico



05: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 1+135



06: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 1+274.



07: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 1+514



08: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 1+595.

INVENTARIO VIAL
Formato N° 3.B. Verificación de espesor de afirmado

B. Panel fotográfico



09: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 1+808.



10: Toma de datos del espesor de pavimento por kilometro. Km 1+854.

INVENTARIO VIAL

FORMATO 4.0 - Drenaje y Obras de Arte

Tipo		Mat. Obra Arte ó Drenaje	Estado
Alcantarilla: **A**	Puente: **P**	Tierra: **T**	Bueno: **B**
Tajea: **T**	Pontón: **Ptn**	**TMC**	Regular: **R**
Cunetas: **C**	Badén: **B**	Mamp Piedra: **M**	Malo: **M**
Muro: **M**		Cº Armado: **CA**	

Progresiva (Km)	Tipo	Material	Estado	Operativ.	Dimens. Daño	Observaciones / Comentarios	Foto* Nº
0+281.66	A	TMC	R	O	TMC D = 36"	Alcant. en buen estado estructural, pero semiobstruida.	1
0+410.00	A	TMC	R	O	TMC D = 36"	Alcant. en buen estado estructural, pero semiobstruida.	2
0+572.06	A	TMC	B	L	TMC D = 36"	Alcant. en buen estado estructural, se encuentra en buen estado.	3
0+925.93	A	TMC	B	L	TMC D = 36"	Alcantarilla se encuentra en buen estado	4
1+420.00	A	TMC	B	L	TMC D = 24"	Alcantarilla con cabezales de C°A°, se encuentra en buen estado.	5

INVENTARIO VIAL
FORMATO 4.0 - Drenaje y Obras de Arte

Panel fotográfico



01: Puente previo al ingreso del campus UNACH



02: Alcantarilla 01



03: Alcantarilla 02



04: Alcantarilla 03



05: Alcantarilla 04



06: Alcantarilla 05

Apéndice 3 Conteo vehicular

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

Día: Lunes Fecha: 12/01/2026
Ubicación: Colpamatara Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
1-2	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
5-6	E	2	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1.7%
	S	1	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.2%
6-7	E	7	5	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	3.9%
	S	7	4	0	0	1	1	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	4.7%
7-8	E	13	8	4	1	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	8.4%
	S	6	5	4	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	5.9%
8-9	E	7	5	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3.7%
	S	2	4	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.5%
9-10	E	8	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	3.2%
	S	1	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.2%
10-11	E	3	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.0%
	S	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.5%
11-12	E	1	3	1	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.5%
	S	2	4	3	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3.7%
12-13	E	3	8	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	3.9%
	S	5	7	1	0	0	0	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	4.9%
13-14	E	13	4	2	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	5.9%
	S	10	2	3	0	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	4.9%
14-15	E	10	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	4.2%
	S	4	4	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	3.4%
15-16	E	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.2%
	S	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.5%
16-17	E	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.2%
	S	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.5%
17-18	E	3	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.2%
	S	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.0%
18-19	E	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.0%
	S	5	2	1	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	3.2%
19-20	E	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.0%
	S	4	3	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2.7%
20-21	E	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.7%
	S	3	3	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.2%
21-22	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.2%
22-23	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.7%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
Parcial	E	78	68	12	1	3	1	26	-	1	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199	49.0%
	S	60	63	23	3	2	2	37	-	2	12	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	207	51.0%
		138	131	35	4	5	3	63	-	3	20	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**406**	
TOTAL AMBOS SENT.		33.99%	32.27%	8.62%	0.99%	1.23%	0.74%	15.52%	0.00%	0.74%	4.93%	0.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

Día: Martes Fecha: 13/01/2026
Ubicación: Colpamatara Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados												TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler				
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
1-2	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
5-6	E	2	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.6%
	S	1	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.3%
6-7	E	6	4	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	3.8%
	S	6	4	0	0	1	1	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	4.8%
7-8	E	12	7	4	1	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	8.3%
	S	5	4	4	0	0	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	5.6%
8-9	E	6	4	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	3.5%
	S	2	4	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.7%
9-10	E	7	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3.2%
	S	1	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.1%
10-11	E	3	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.1%
	S	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.6%
11-12	E	1	3	1	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.7%
	S	2	4	3	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4.0%
12-13	E	3	7	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4.0%
	S	4	6	1	0	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	4.6%
13-14	E	11	4	2	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	5.9%
	S	9	2	3	0	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	5.1%
14-15	E	9	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4.0%
	S	4	4	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	3.8%
15-16	E	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1.9%
	S	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.7%
16-17	E	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.3%
	S	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.6%
17-18	E	3	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.4%
	S	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.1%
18-19	E	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.1%
	S	4	2	1	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3.2%
19-20	E	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.1%
	S	3	2	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.4%
20-21	E	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.8%
	S	2	2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1.9%
21-22	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.8%
22-23	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.5%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
Parcial	E	70	61	12	1	3	1	25	-	1	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	183	49.1%
	S	52	57	23	3	2	2	34	-	2	12	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	190	50.9%
		122	118	35	4	5	3	59	-	3	20	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**373**	
TOTAL AMBOS SENT.		32.71%	31.64%	9.38%	1.07%	1.34%	0.80%	15.82%	0.00%	0.80%	5.36%	1.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

Día: Miércoles Fecha: 14/01/2026
Ubicación: Colpamatara Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
5-6	E	3	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1.3%
	S	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0.6%
6-7	E	10	4	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	3.4%
	S	1	2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.1%
7-8	E	31	7	2	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	8.5%
	S	5	8	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	3.4%
8-9	E	13	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	3.8%
	S	2	4	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1.9%
9-10	E	22	12	5	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	9.2%
	S	7	10	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	4.0%
10-11	E	13	10	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	5.3%
	S	10	9	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	4.3%
11-12	E	4	6	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	3.0%
	S	14	4	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	24	4.5%
12-13	E	5	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	13	2.5%
	S	26	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	34	6.4%
13-14	E	11	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	3.0%
	S	8	3	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	3.0%
14-15	E	17	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	24	4.5%
	S	8	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	2.6%
15-16	E	7	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2.3%
	S	8	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	2.5%
16-17	E	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1.3%
	S	14	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	3.4%
17-18	E	4	5	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2.3%
	S	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0.9%
18-19	E	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.8%
	S	3	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8	1.5%
19-20	E	4	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1.5%
	S	7	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	2.5%
20-21	E	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.9%
	S	4	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1.5%
21-22	E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.4%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.8%
22-23	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.4%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
Parcial	E	152	71	18	4	2	-	35	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	288	54.3%
	S	124	62	19	5	4	-	22	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	4	242	45.7%
		276	133	37	9	6	-	57	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	4	**530**	
TOTAL AMBOS SENT.		52.08%	25.09%	6.98%	1.70%	1.13%	0.00%	10.75%	0.00%	1.13%	0.38%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.75%	0.00%	0.00%	0.75%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

Día: Jueves Fecha: 15/01/2026
Ubicación: Colpamatara Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados												TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler				
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
5-6	E	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.0%
	S	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5	1.0%
6-7	E	10	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	16	3.1%
	S	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.2%
7-8	E	28	6	3	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	42	8.2%
	S	5	5	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	2.7%
8-9	E	15	5	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	4.7%
	S	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	1.4%
9-10	E	21	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	4.9%
	S	7	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2.2%
10-11	E	11	4	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	3.7%
	S	7	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2.2%
11-12	E	11	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	3.1%
	S	12	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	18	3.5%
12-13	E	6	3	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	13	2.5%
	S	9	0	2	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	2.9%
13-14	E	9	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	2.7%
	S	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1.6%
14-15	E	40	2	0	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	9.2%
	S	10	5	0	0	1	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	3.9%
15-16	E	15	6	5	1	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	33	6.5%
	S	13	5	3	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	26	5.1%
16-17	E	0	2	0	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	8	1.6%
	S	5	2	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2.2%
17-18	E	2	5	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2.3%
	S	23	8	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	36	7.0%
18-19	E	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.0%
	S	5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1.6%
19-20	E	4	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1.4%
	S	5	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	1.8%
20-21	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.8%
	S	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.0%
21-22	E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.4%
	S	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.6%
22-23	E	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.4%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
Parcial	E	180	53	15	9	3	-	25	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	2	295	57.7%
	S	117	50	9	6	2	-	21	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	1	216	42.3%
		297	103	24	15	5	-	46	-	9	2	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	3	**511**	
TOTAL AMBOS SENT.		58.12%	20.16%	4.70%	2.94%	0.98%	0.00%	9.00%	0.00%	1.76%	0.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.96%	0.00%	0.00%	0.59%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

Día: Viernes Fecha: 16/01/2026
Ubicación: Colpamatara Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0.2%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.2%
5-6	E	4	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	8	1.7%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.8%
6-7	E	25	5	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	34	7.2%
	S	1	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.3%
7-8	E	18	11	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	35	7.4%
	S	4	8	2	1	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	4.0%
8-9	E	14	5	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	25	5.3%
	S	4	3	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2.3%
9-10	E	8	7	2	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	4.5%
	S	8	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	15	3.2%
10-11	E	17	8	2	1	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	7.0%
	S	14	10	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	5.9%
11-12	E	6	4	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	3.2%
	S	5	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	10	2.1%
12-13	E	3	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	2.8%
	S	4	6	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	14	3.0%
13-14	E	9	6	2	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	4.7%
	S	17	7	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	5.5%
14-15	E	14	6	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	25	5.3%
	S	2	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1.9%
15-16	E	3	3	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	2.3%
	S	10	2	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	16	3.4%
16-17	E	2	6	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	2.8%
	S	2	5	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1.9%
17-18	E	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	1.1%
	S	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.6%
18-19	E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
19-20	E	4	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1.5%
	S	6	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	12	2.5%
20-21	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.8%
	S	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.3%
21-22	E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.4%
	S	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.6%
22-23	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
	S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.4%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.2%
Parcial	E	133	75	15	8	2	-	31	-	2	2	-	1	-	-	-	-	-	7	-	-	1	276	58.6%
	S	87	64	10	3	2	-	19	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	2	195	41.4%
		220	139	25	11	4	-	50	-	5	3	-	1	-	-	-	-	-	13	-	-	3	**471**	
TOTAL AMBOS SENT.		46.71%	29.51%	5.31%	2.34%	0.85%	0.00%	10.62%	0.00%	1.06%	0.64%	0.00%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	2.76%	0.00%	0.00%	0.64%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

Día: Sábado Fecha: 17/01/2026
Ubicación: Colpamatara Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
5-6	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
6-7	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
7-8	E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
8-9	E	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
9-10	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
10-11	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
11-12	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
12-13	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
13-14	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
14-15	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
15-16	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
16-17	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
17-18	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
18-19	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
19-20	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
20-21	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
21-22	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
22-23	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Parcial	E	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	64.7%
	S	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	35.3%
		6	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**17**	
TOTAL AMBOS SENT.		35.29%	64.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

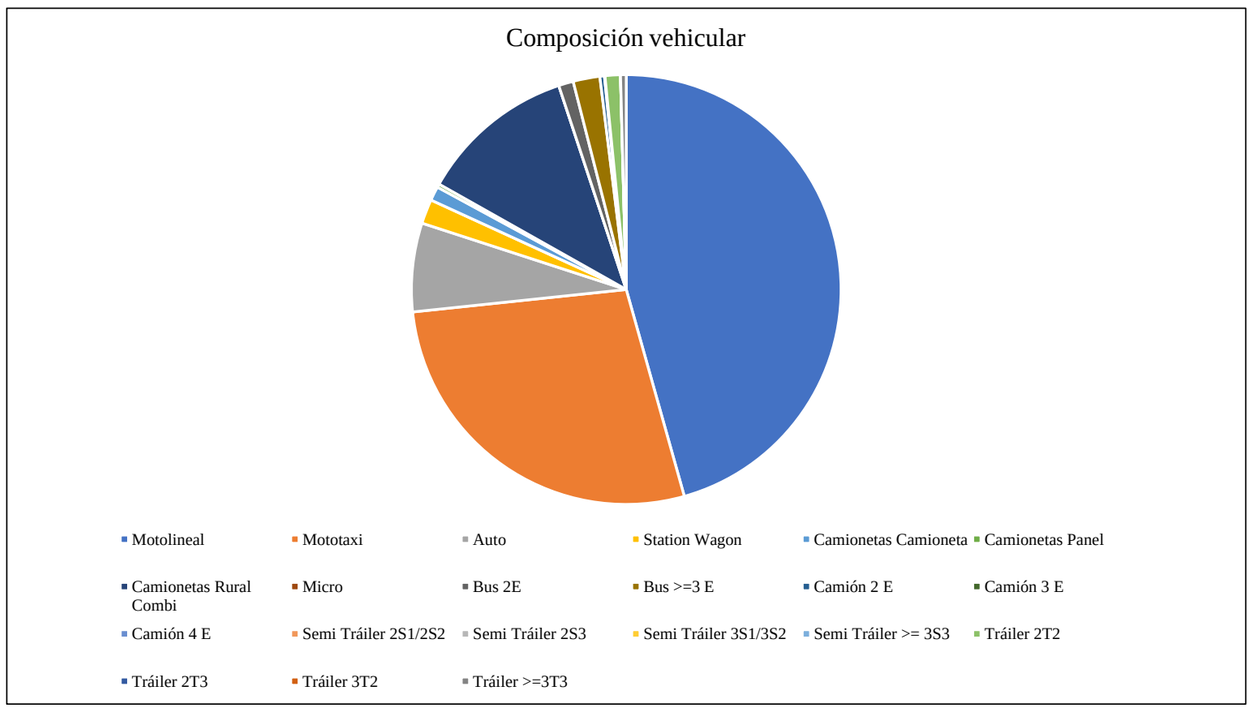
Día: Domingo Fecha: 18/01/2026
Ubicación: Colpamatara Estación:

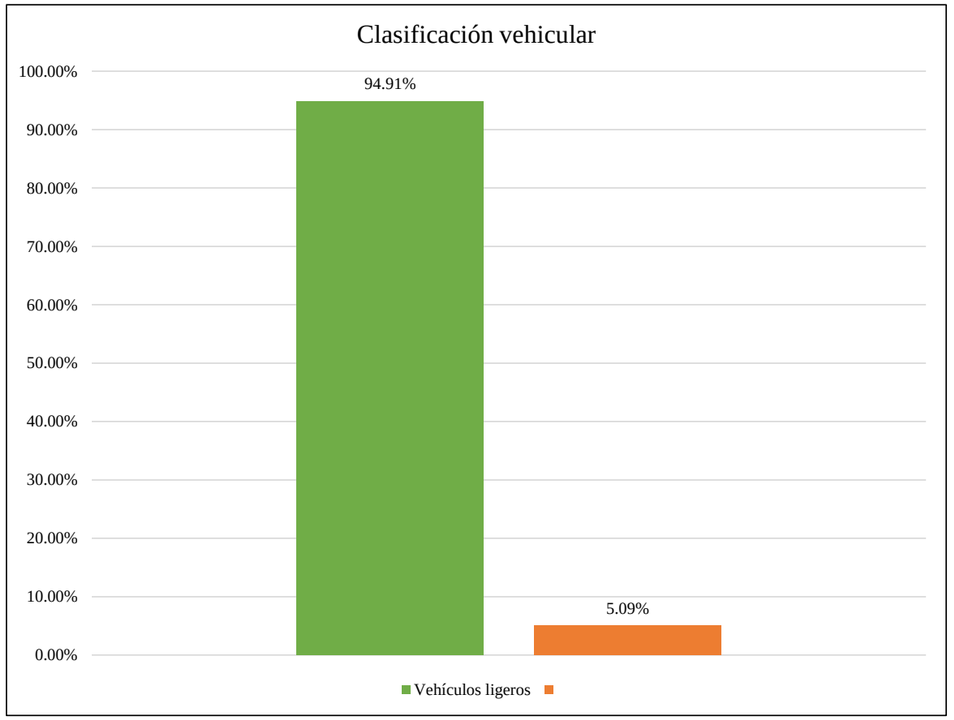
Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados														TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler						
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
5-6	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
6-7	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
7-8	E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9.1%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
8-9	E	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	22.7%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
9-10	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
	S	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	13.6%
10-11	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
11-12	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
12-13	E	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9.1%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
13-14	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
14-15	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
15-16	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
16-17	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
17-18	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
18-19	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.5%
19-20	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
20-21	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
21-22	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
22-23	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Parcial	E	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	63.6%
	S	2	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	36.4%
		9	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**22**	
TOTAL AMBOS SENT.		40.91%	59.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

Día	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler					Tráiler				
						Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
Lunes	E	78	68	12	1	3	1	26	-	1	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199	8.5%
	S	60	63	23	3	2	2	37	-	2	12	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	207	8.8%
Martes	E	70	61	12	1	3	1	25	-	1	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	183	7.8%
	S	52	57	23	3	2	2	34	-	2	12	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	190	8.1%
Miércoles	E	152	71	18	4	2	-	35	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	288	12.3%
	S	124	62	19	5	4	-	22	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	4	246	10.5%
Jueves	E	180	53	15	9	3	-	25	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	2	297	12.7%
	S	117	50	9	6	2	-	21	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	1	217	9.3%
Viernes	E	133	75	15	8	2	-	31	-	2	2	-	1	-	-	-	-	-	7	-	-	1	277	11.8%
	S	87	64	10	3	2	-	19	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	2	197	8.4%
Sábado	E	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	0.5%
	S	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0.3%
Domingo	E	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	0.6%
	S	2	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	0.3%
Parcial	E	625	341	72	23	13	2	142	-	12	20	2	1	-	-	-	-	-	13	-	-	3	1,269	54.2%
	S	443	307	84	20	12	4	133	-	14	27	6	-	-	-	-	-	-	14	-	-	7	1,071	45.8%
		1,068	648	156	43	25	6	275	-	26	47	8	1	-	-	-	-	-	27	-	-	10	**2,340**	
TOTAL AMBOS SENT.		45.64%	27.69%	6.67%	1.84%	1.07%	0.26%	11.75%	0.00%	1.11%	2.01%	0.34%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.15%	0.00%	0.00%	0.43%	100.00%	
Porcentaje		94.91%										5.09%												





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

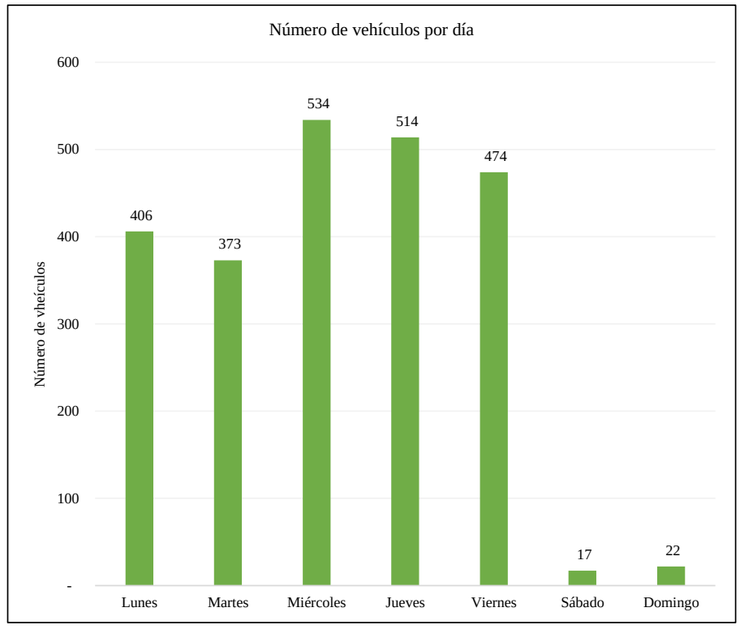
ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO

i) Tránsito vehicular actual

Día	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
	Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
					Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
Lunes	138	131	35	4	5	3	63	0	3	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	406	17.35%
Martes	122	118	35	4	5	3	59	0	3	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	373	15.94%
Miércoles	276	133	37	9	6	0	57	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	534	22.82%
Jueves	297	103	24	15	5	0	46	0	9	2	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	3	514	21.97%
Viernes	220	139	25	11	4	0	50	0	5	3	0	1	0	0	0	0	0	13	0	0	3	474	20.26%
Sábado	6	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0.73%
Domingo	9	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0.94%
Total	1068	648	156	43	25	6	275	0	26	47	8	1	0	0	0	0	0	27	0	0	10	2340	100.00%

Tipo de vehículos			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL
Vehículos ligeros	Motolineal		138	122	276	297	220	6	9	1,068
	Mototaxi		131	118	133	103	139	11	13	648
	Auto		35	35	37	24	25	-	-	156
	Station Wagon		4	4	9	15	11	-	-	43
	Camioneta		5	5	6	5	4	-	-	25
	Panel		3	3	-	-	-	-	-	6
	Rural Combi		63	59	57	46	50	-	-	275
	Micro		-	-	-	-	-	-	-	-
Vehículos pesados	Bus	2E	3	3	6	9	5	-	-	26
		>=3 E	20	20	2	2	3	-	-	47
	Camión	2 E	4	4	-	-	-	-	-	8
		3 E	-	-	-	-	1	-	-	1
		4 E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Semi Tráiler	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		>= 3S3	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tráiler	2T2	-	-	4	10	13	-	-	27
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3T2	-	-	-	-	-	-	0	-
		>=3T3	-	-	4	3	3	-	-	10
Total			406	373	534	514	474	17	22	**2,340**



ii) Determinar del índice medio diario anual (IMDA)

$$IMD_S = \frac{(\sum Vi)}{7} \qquad IMD_A = IMD_S * FC$$

Donde:
- IMDS = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehícular Tomada
- IMDA = Índice Medio Anual
- Vi = Volumen Vehícular diario de cada uno de los días de conteo
- FC = Factores de Corrección Estacional

F.C.E. Vehículos ligeros:	0.999	Ver 1.1 FC
F.C.E. Vehículos pesados:	0.954	Ver 1.1 FC

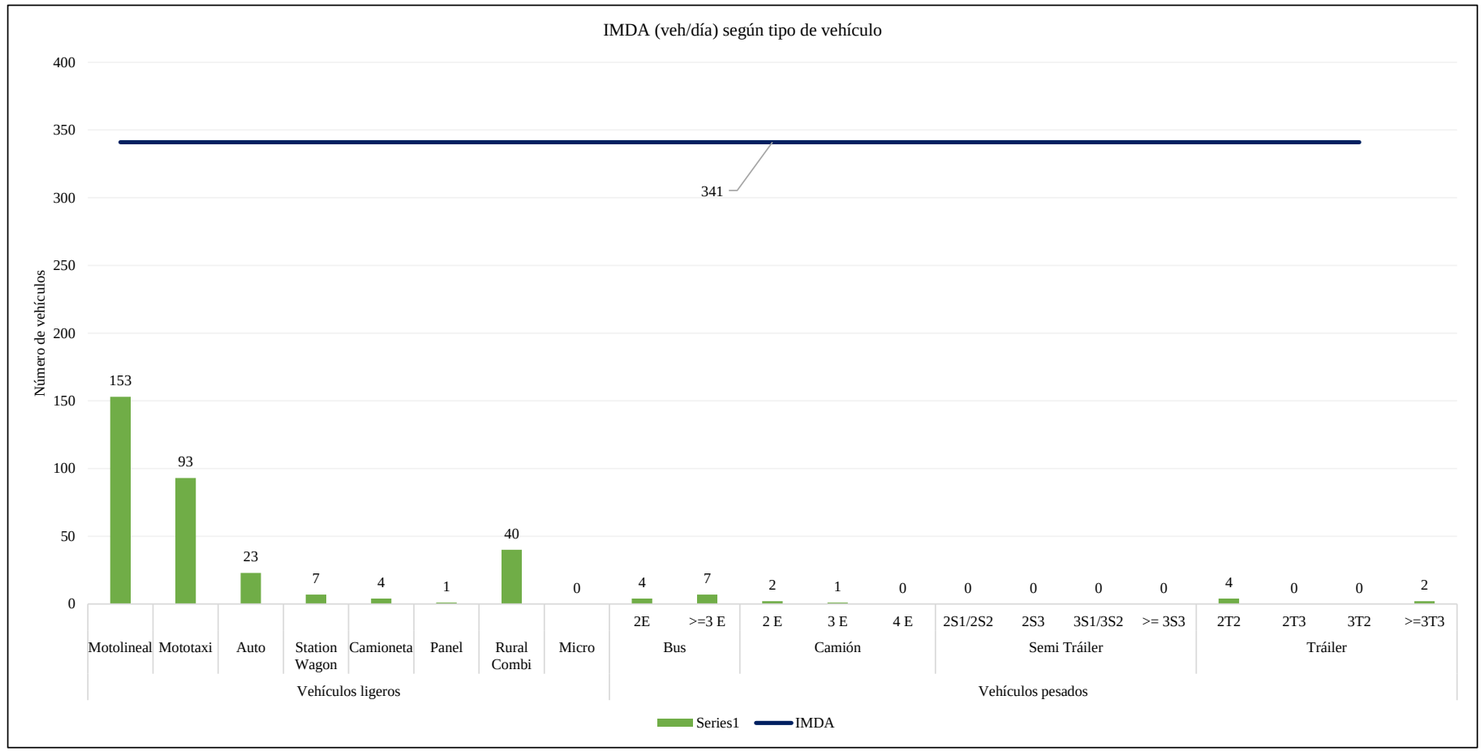
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAMATARA

Tipo de vehículos			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total semanal	IMDS	FC	IMDA	%
Vehículos ligeros	Motolineal		138	122	276	297	220	6	9	1,068	152.57	0.999	153	44.87%
	Mototaxi		131	118	133	103	139	11	13	648	92.57	0.999	93	27.27%
	Auto		35	35	37	24	25	-	-	156	22.29	0.999	23	6.74%
	Station Wagon		4	4	9	15	11	-	-	43	6.14	0.999	7	2.05%
	Camioneta		5	5	6	5	4	-	-	25	3.57	0.999	4	1.17%
	Panel		3	3	-	-	-	-	-	6	0.86	0.999	1	0.29%
	Rural Combi		63	59	57	46	50	-	-	275	39.29	0.999	40	11.73%
	Micro		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.999	0	0.00%
Vehículos pesados	Bus	2E	3	3	6	9	5	-	-	26	3.71	0.954	4	1.17%
		>=3 E	20	20	2	2	3	-	-	47	6.71	0.954	7	2.05%
	Camión	2 E	4	4	-	-	-	-	-	8	1.14	0.954	2	0.59%
		3 E	-	-	-	-	1	-	-	1	0.14	0.954	1	0.29%
		4 E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
	Semi Tráiler	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		>= 3S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
	Tráiler	2T2	-	-	4	10	13	-	-	27	3.86	0.954	4	1.17%
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		3T2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		>=3T3	-	-	4	3	3	-	-	10	1.43	0.954	2	0.59%
Total			406	373	534	514	474	17	22	2,340	334	20	341	100.00%

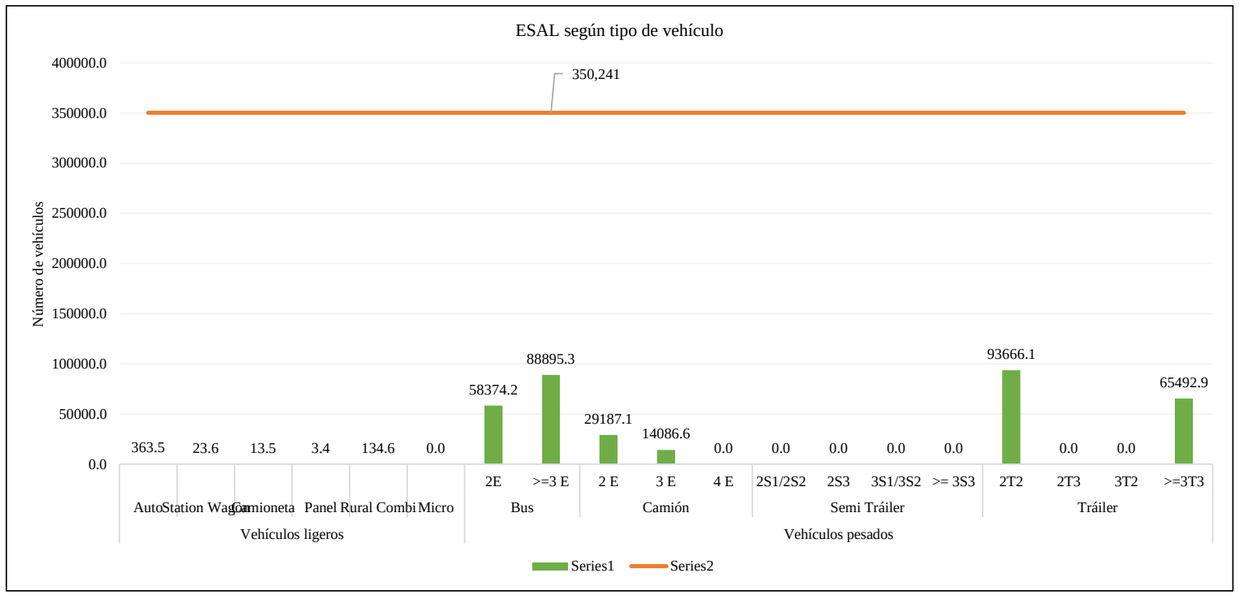
Tipo de vehículos			IMDA	%
Vehículos ligeros	Motolineal		153	44.87%
	Mototaxi		93	27.27%
	Auto		23	6.74%
	Station Wagon		7	2.05%
	Camioneta		4	1.17%
	Panel		1	0.29%
	Rural Combi		40	11.73%
	Micro		0	0.00%
Vehículos pesados	Bus	2E	4	1.17%
		>=3 E	7	2.05%
	Camión	2 E	2	0.59%
		3 E	1	0.29%
		4 E	0	0.00%
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0.00%
		2S3	0	0.00%
		3S1/3S2	0	0.00%
		>= 3S3	0	0.00%
	Tráiler	2T2	4	1.17%
		2T3	0	0.00%
		3T2	0	0.00%
		>=3T3	2	0.59%
Total			341	100.00%

Para análisis ESSAL				
Tipo de vehículos			IMDA	%
Vehículos ligeros	Auto		108	60.00%
	Station Wagon		7	3.89%
	Camioneta		4	2.22%
	Panel		1	0.56%
	Rural Combi		40	22.22%
	Micro		0	0.00%
Vehículos pesados	Bus	2E	4	2.22%
		>=3 E	7	3.89%
	Camión	2 E	2	1.11%
		3 E	1	0.56%
		4 E	0	0.00%
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0.00%
		2S3	0	0.00%
		3S1/3S2	0	0.00%
		>= 3S3	0	0.00%
	Tráiler	2T2	4	2.22%
		2T3	0	0.00%
		3T2	0	0.00%
		>=3T3	2	1.11%
Total			180	100.00%



CÁLCULO DE ESAL

Tipo de vehículos			IMDA	Fc	Factor de presión de llantas	EE	Factor direccional	Factor carril	EE dia carril	Fact. Crecimiento	N° rep. EE	%
Vehículos ligeros	Auto		108	0.001	1	0.094	0.5	1.0	0.047	21.13	363.5	0.10%
	Station Wagon		7	0.001	1	0.006	0.5	1.0	0.003	21.13	23.6	0.01%
	Camioneta		4	0.001	1	0.003	0.5	1.0	0.002	21.13	13.5	0.00%
	Panel		1	0.001	1	0.001	0.5	1.0	0.000	21.13	3.4	0.00%
	Rural Combi		40	0.001	1	0.035	0.5	1.0	0.017	21.13	134.6	0.04%
	Micro		0	0.001	1	0.000	0.5	1.0	0.000	21.13	0.0	0.00%
Vehículos pesados	Bus	2E	4	3.529	1	14.116	0.5	1.0	7.058	22.66	58374.2	16.67%
		>=3 E	7	3.071	1	21.496	0.5	1.0	10.748	22.66	88895.3	25.38%
	Camión	2 E	2	3.529	1	7.058	0.5	1.0	3.529	22.66	29187.1	8.33%
		3 E	1	3.406	1	3.406	0.5	1.0	1.703	22.66	14086.6	4.02%
		4 E	0	4.958	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	5.785	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		2S3	0	5.662	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		3S1/3S2	0	6.513	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		>= 3S3	0	5.662	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
	Tráiler	2T2	4	5.662	1	22.650	0.5	1.0	11.325	22.66	93666.1	26.74%
		2T3	0	6.390	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		3T2	0	8.041	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		>=3T3	2	7.919	1	15.837	0.5	1.0	7.919	22.66	65492.9	18.70%
Total			180							**TP2**	350240.8	100.00%



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

Día: Lunes Fecha: 12/01/2026
Ubicación: Colpahuacariz Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
5-6	E	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.7%
	S	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
6-7	E	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.4%
	S	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.0%
7-8	E	5	4	1	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	5.8%
	S	3	7	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4.7%
8-9	E	3	1	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.4%
	S	4	5	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.4%
9-10	E	4	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.1%
	S	1	1	1	2	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.4%
10-11	E	2	5	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.1%
	S	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.7%
11-12	E	1	4	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.7%
	S	18	4	1	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	10.2%
12-13	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	6	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.1%
13-14	E	1	4	2	0	0	0	6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.1%
	S	5	4	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4.7%
14-15	E	1	2	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.7%
	S	2	1	1	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.7%
15-16	E	2	1	2	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.4%
	S	2	4	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.1%
16-17	E	4	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.1%
	S	5	1	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.7%
17-18	E	2	5	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.1%
	S	6	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.7%
18-19	E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.7%
	S	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.7%
19-20	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.4%
	S	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.7%
20-21	E	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.0%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.4%
21-22	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
22-23	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
Parcial	E	31	35	8	2	1	-	47	-	2	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131	44.4%
	S	65	38	7	3	2	-	42	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	55.6%
TOTAL AMBOS		96	73	15	5	3	-	89	-	5	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**295**	
SENT.		32.54%	24.75%	5.08%	1.69%	1.02%	0.00%	30.17%	0.00%	1.69%	2.71%	0.34%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

Día: Martes Fecha: 13/01/2026
Ubicación: Colpahuacariz Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
5-6	E	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.7%
	S	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
6-7	E	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.5%
	S	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.1%
7-8	E	4	4	1	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.5%
	S	3	6	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.8%
8-9	E	3	1	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.3%
	S	4	4	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.4%
9-10	E	4	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.3%
	S	1	1	1	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.3%
10-11	E	2	4	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4.0%
	S	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.9%
11-12	E	1	4	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.9%
	S	16	4	1	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	9.9%
12-13	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
	S	5	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4.0%
13-14	E	1	4	2	0	0	0	5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	5.1%
	S	4	4	1	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.8%
14-15	E	1	2	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.7%
	S	2	1	1	0	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.7%
15-16	E	2	1	2	1	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.7%
	S	2	3	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.7%
16-17	E	3	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.9%
	S	4	1	1	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.7%
17-18	E	2	4	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.7%
	S	5	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.7%
18-19	E	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.7%
	S	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.7%
19-20	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.5%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.5%
20-21	E	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.1%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.5%
21-22	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
22-23	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
Parcial	E	29	33	8	2	1	-	42	-	2	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122	44.9%
	S	58	35	7	3	2	-	38	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	55.1%
TOTAL AMBOS SENT.		87	68	15	5	3	-	80	-	5	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**272**	
		31.99%	25.00%	5.51%	1.84%	1.10%	0.00%	29.41%	0.00%	1.84%	2.94%	0.37%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

Día: Miércoles Fecha: 14/01/2026
Ubicación: Colpahuacariz Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados												TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler				
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
5-6	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.1%
	S	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.8%
6-7	E	4	2	1	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3.4%
	S	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.8%
7-8	E	16	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	6.8%
	S	4	4	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	3.7%
8-9	E	9	2	1	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	5.7%
	S	7	0	2	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4.2%
9-10	E	10	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3.4%
	S	5	0	0	0	1	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	3.7%
10-11	E	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.7%
	S	6	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4.0%
11-12	E	2	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.3%
	S	2	2	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.3%
12-13	E	5	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.5%
	S	6	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.8%
13-14	E	8	1	0	0	0	0	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	4.5%
	S	14	3	0	0	0	0	4	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	6.5%
14-15	E	11	1	1	0	0	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	5.7%
	S	5	4	0	0	0	0	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4.2%
15-16	E	0	1	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.4%
	S	5	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2.8%
16-17	E	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.4%
	S	8	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3.4%
17-18	E	9	6	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	5.7%
	S	10	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4.2%
18-19	E	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.7%
	S	6	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.1%
19-20	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.1%
	S	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.4%
20-21	E	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.8%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.1%
21-22	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
22-23	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
Parcial	E	85	28	7	-	4	-	42	-	6	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	176	49.9%
	S	89	30	4	-	2	-	42	-	4	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	177	50.1%
TOTAL AMBOS		174	58	11	-	6	-	84	-	10	2	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**353**	
SENT.		49.29%	16.43%	3.12%	0.00%	1.70%	0.00%	23.80%	0.00%	2.83%	0.57%	2.27%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

Día: Jueves Fecha: 15/01/2026
Ubicación: Colpahuacariz Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
						Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
5-6	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.3%
	S	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.0%
6-7	E	9	0	1	0	0	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4.8%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
7-8	E	14	2	2	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	8.0%
	S	6	6	1	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	6.4%
8-9	E	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.3%
	S	9	2	1	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5.1%
9-10	E	8	0	1	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	5.7%
	S	2	4	1	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4.5%
10-11	E	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.5%
	S	10	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4.8%
11-12	E	1	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2.2%
	S	11	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	5.7%
12-13	E	6	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.9%
	S	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3.8%
13-14	E	1	1	0	0	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.5%
	S	4	2	0	0	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.5%
14-15	E	3	1	0	0	1	0	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.5%
	S	4	1	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.9%
15-16	E	4	1	0	0	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	3.8%
	S	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.5%
16-17	E	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.0%
	S	3	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1.9%
17-18	E	10	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.1%
	S	8	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.5%
18-19	E	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.3%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.6%
19-20	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.3%
	S	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.6%
20-21	E	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.0%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.3%
21-22	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
22-23	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3%
Parcial	E	70	17	5	1	3	-	45	-	6	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	47.8%
	S	85	26	4	-	5	-	36	-	6	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	52.2%
TOTAL AMBOS SENT.		155	43	9	1	8	-	81	-	12	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**314**	
		49.36%	13.69%	2.87%	0.32%	2.55%	0.00%	25.80%	0.00%	3.82%	0.00%	0.96%	0.64%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

Día: Viernes Fecha: 16/01/2026
Ubicación: Colpahuacariz Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
						Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
5-6	E	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.2%
	S	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.8%
6-7	E	3	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2.8%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.8%
7-8	E	5	1	1	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	6.0%
	S	7	8	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	7.3%
8-9	E	12	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	6.9%
	S	3	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.6%
9-10	E	3	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3.2%
	S	5	0	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	4.0%
10-11	E	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.2%
	S	3	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2.8%
11-12	E	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.6%
	S	7	5	2	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	7.3%
12-13	E	2	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2.4%
	S	3	3	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	4.0%
13-14	E	13	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	7.3%
	S	15	3	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	8.5%
14-15	E	6	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.6%
	S	4	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.6%
15-16	E	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	3.2%
	S	6	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	4.0%
16-17	E	6	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.6%
	S	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.6%
17-18	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
18-19	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
19-20	E	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.6%
	S	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2.0%
20-21	E	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1.2%
	S	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1.6%
21-22	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
22-23	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.4%
Parcial	E	64	11	3	1	5	-	27	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	46.8%
	S	64	31	5	1	6	-	18	-	5	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	53.2%
TOTAL AMBOS SENT.		128	42	8	2	11	-	45	-	9	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**248**	
		51.61%	16.94%	3.23%	0.81%	4.44%	0.00%	18.15%	0.00%	3.63%	0.81%	0.40%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

Día: Sábado Fecha: 17/01/2026
Ubicación: Colpahuacariz Estación:

Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
						Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
5-6	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
6-7	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
7-8	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
8-9	E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
9-10	E	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
10-11	E	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
11-12	E	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
12-13	E	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
13-14	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
14-15	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
15-16	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
16-17	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
17-18	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
18-19	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
19-20	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
20-21	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
21-22	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
22-23	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Parcial	E	8	9	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	47.4%
	S	7	11	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	52.6%
TOTAL AMBOS SENT.		15	20	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**38**	
		39.47%	52.63%	0.00%	0.00%	7.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

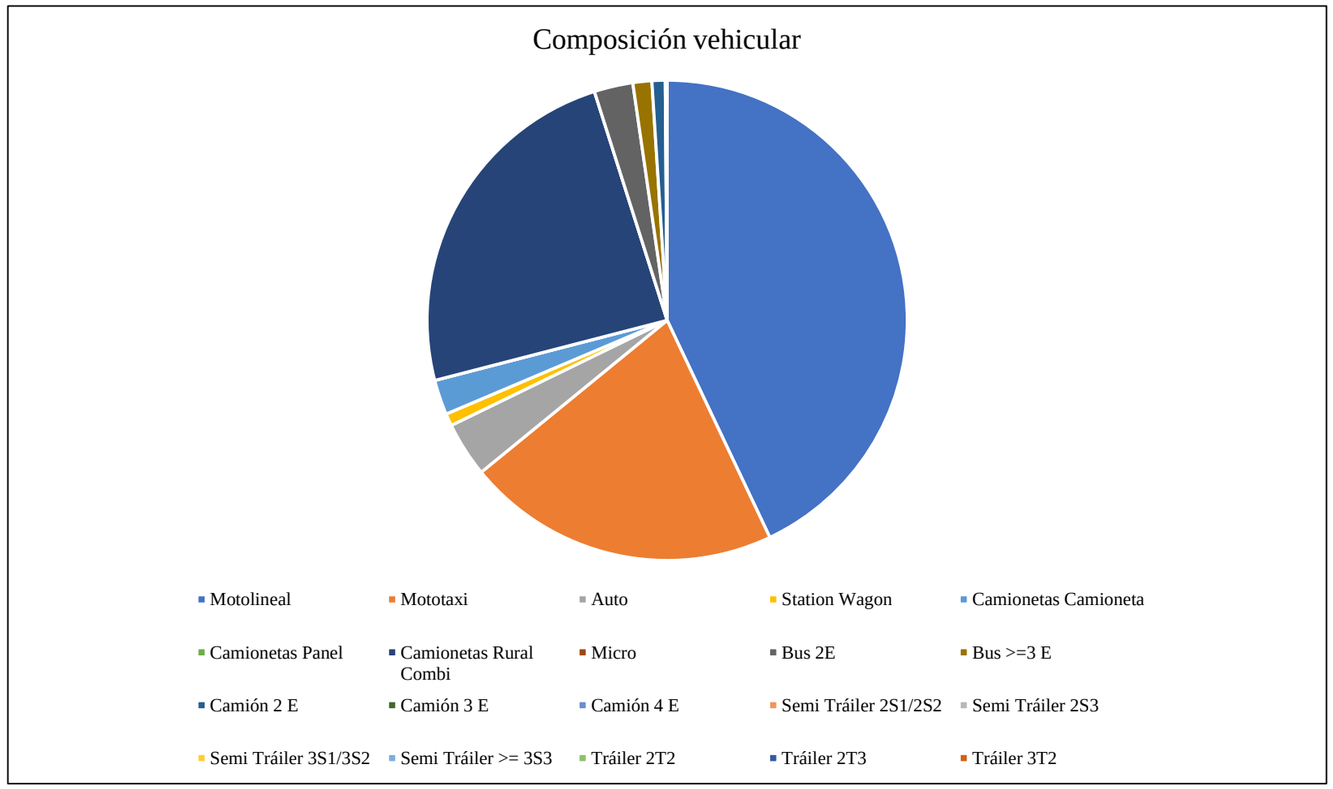
Día: Domingo Fecha: 18/01/2026
Ubicación: Colpahuacariz Estación:

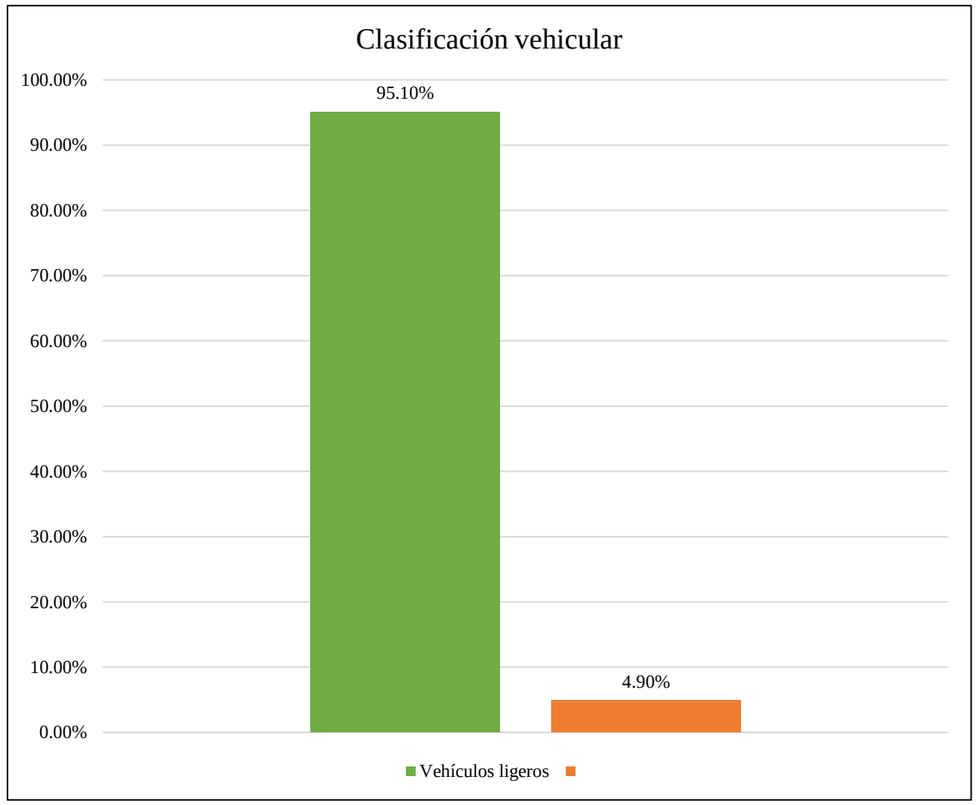
Hora	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados												TOTAL	%
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler				
						Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
0-1	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
1-2	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
2-3	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
3-4	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
4-5	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
5-6	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
6-7	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
7-8	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.0%
8-9	E	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5.9%
	S	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3.9%
9-10	E	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7.8%
	S	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11.8%
10-11	E	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7.8%
	S	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7.8%
11-12	E	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	9.8%
	S	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	13.7%
12-13	E	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5.9%
	S	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	11.8%
13-14	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
14-15	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
15-16	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.0%
16-17	E	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
17-18	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
18-19	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.0%
19-20	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
20-21	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
21-22	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
22-23	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
23-24	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Parcial	E	10	12	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	45.1%
	S	10	16	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	54.9%
TOTAL AMBOS SENT.		20	28	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**51**	
		39.22%	54.90%	0.00%	0.00%	5.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

Día	Sentido	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													TOTAL	%
						Camionetas				Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler					
		Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camioneta	Panel	Rural Combi	Micro	2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
Lunes	E	31	35	8	2	1	-	47	-	2	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	131	8.3%
	S	65	38	7	3	2	-	42	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	10.4%
Martes	E	29	33	8	2	1	-	42	-	2	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122	7.8%
	S	58	35	7	3	2	-	38	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	9.5%
Miércoles	E	85	28	7	-	4	-	42	-	6	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	176	11.2%
	S	89	30	4	-	2	-	42	-	4	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	177	11.3%
Jueves	E	70	17	5	1	3	-	45	-	6	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	150	9.5%
	S	85	26	4	-	5	-	36	-	6	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	164	10.4%
Viernes	E	64	11	3	1	5	-	27	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	7.4%
	S	64	31	5	1	6	-	18	-	5	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	132	8.4%
Sábado	E	8	9	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	1.1%
	S	7	11	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	1.3%
Domingo	E	10	12	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	1.5%
	S	10	16	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	1.8%
Parcial	E	297	145	31	6	16	-	203	-	20	10	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	736	46.8%
	S	378	187	27	7	21	-	176	-	21	10	7	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	835	53.2%
TOTAL AMBOS		675	332	58	13	37	-	379	-	41	20	14	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1,571**	
SENT.		42.97%	21.13%	3.69%	0.83%	2.36%	0.00%	24.12%	0.00%	2.61%	1.27%	0.89%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	
Porcentaje		95.10%								4.90%														





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

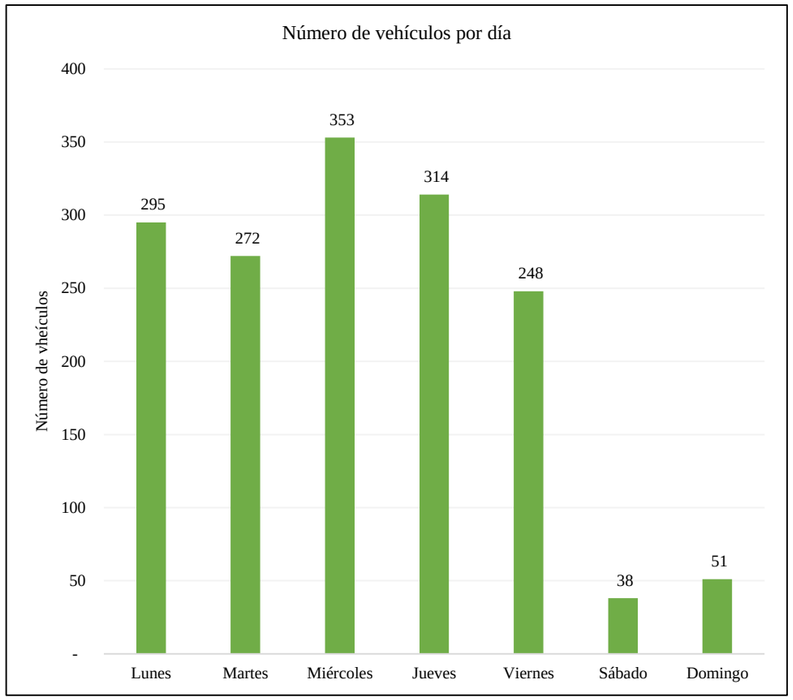
ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO

i) Tránsito vehicular actual

Día	Vehículos ligeros								Vehículos pesados												TOTAL	%
	Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler				
					Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
Lunes	96	73	15	5	3	0	89	0	5	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	295	18.78%
Martes	87	68	15	5	3	0	80	0	5	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272	17.31%
Miércoles	174	58	11	0	6	0	84	0	10	2	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	353	22.47%
Jueves	155	43	9	1	8	0	81	0	12	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	314	19.99%
Viernes	128	42	8	2	11	0	45	0	9	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248	15.79%
Sábado	15	20	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	2.42%
Domingo	20	28	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51	3.25%
Total	675	332	58	13	37	0	379	0	41	20	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1571	100.00%

Tipo de vehículos			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL
Vehículos ligeros	Motolineal		96	87	174	155	128	15	20	675
	Mototaxi		73	68	58	43	42	20	28	332
	Auto		15	15	11	9	8	-	-	58
	Station Wagon		5	5	-	1	2	-	-	13
	Camioneta		3	3	6	8	11	3	3	37
	Panel		-	-	-	-	-	-	-	-
	Rural Combi		89	80	84	81	45	-	-	379
	Micro		-	-	-	-	-	-	-	-
Vehículos pesados	Bus	2E	5	5	10	12	9	-	-	41
		>=3 E	8	8	2	-	2	-	-	20
	Camión	2 E	1	1	8	3	1	-	-	14
		3 E	-	-	-	2	-	-	-	2
		4 E	-	-	-	-	-	-	-	-
	Semi Tráiler	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-
		>= 3S3	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tráiler	2T2	-	-	-	-	-	-	-	-
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-
		3T2	-	-	-	-	-	-	0	-
		>=3T3	-	-	-	-	-	-	-	-
Total			295	272	353	314	248	38	51	1,571



ii) Determinar del índice medio diario anual (IMDA)

$$IMD_S = \frac{(\sum Vi)}{7} \qquad IMD_A = IMD_S * FC$$

Donde:
IMDS = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehícular Tomada
IMDA = Índice Medio Anual
Vi = Volumen Vehícular diario de cada uno de los días de conteo
FC = Factores de Corrección Estacional

F.C.E. Vehículos ligeros:	0.999	Ver 1.1 FC
F.C.E. Vehículos pesados:	0.954	Ver 1.1 FC

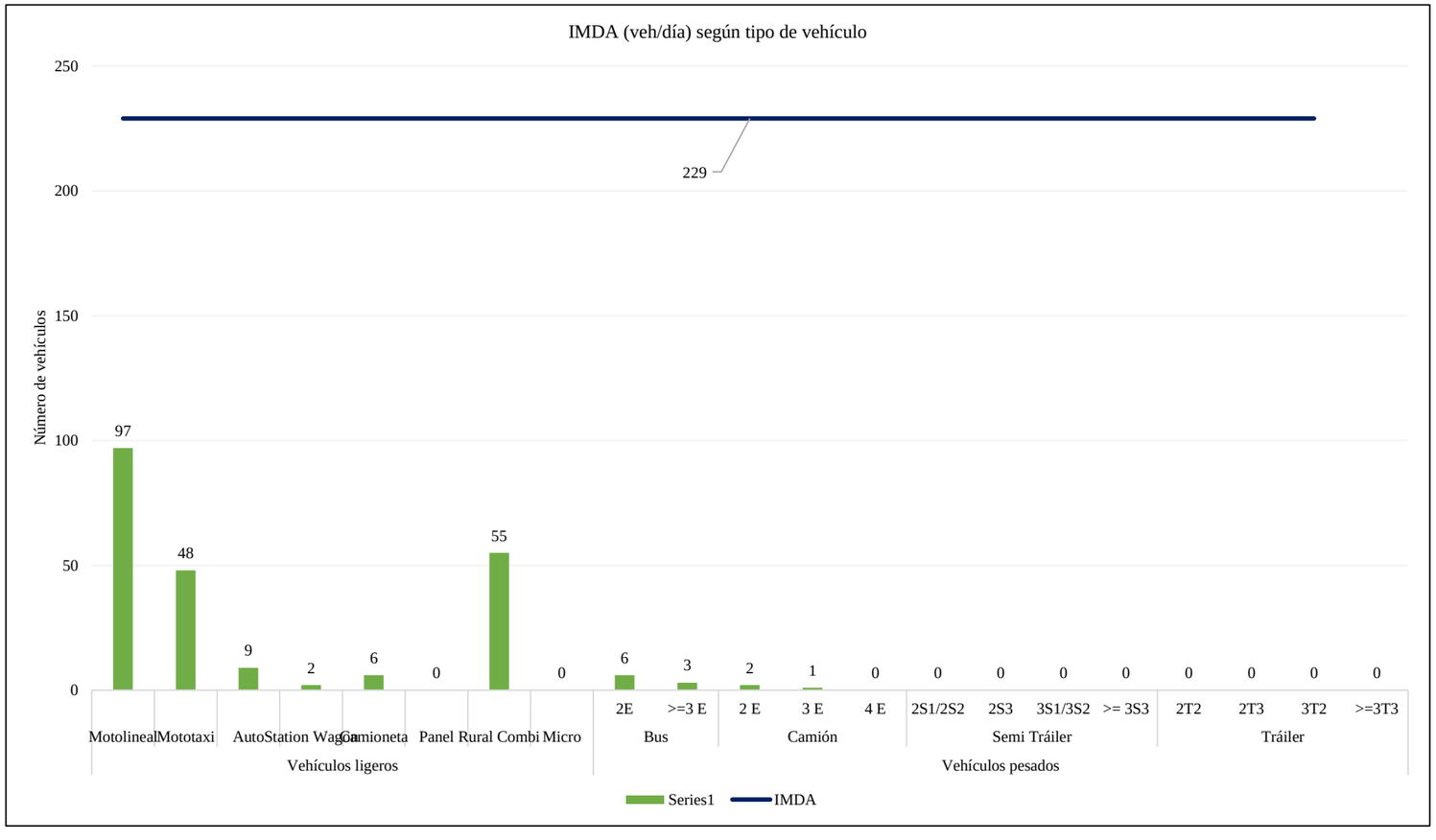
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
¡ UN SUEÑO HECHO REALIDAD !

ESTUDIO DE TRÁFICO: Volumen de tráfico y la composición vehicular carretera Colpamatara - Colpahuacariz
ESTACIÓN COLPAHUACARIZ

Tipo de vehículos			Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total semanal	IMDS	FC	IMDA	%
Vehículos ligeros	Motolineal		96	87	174	155	128	15	20	675	96.43	0.999	97	42.36%
	Mototaxi		73	68	58	43	42	20	28	332	47.43	0.999	48	20.96%
	Auto		15	15	11	9	8	-	-	58	8.29	0.999	9	3.93%
	Station Wagon		5	5	-	1	2	-	-	13	1.86	0.999	2	0.87%
	Camioneta		3	3	6	8	11	3	3	37	5.29	0.999	6	2.62%
	Panel		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.999	0	0.00%
	Rural Combi		89	80	84	81	45	-	-	379	54.14	0.999	55	24.02%
	Micro		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.999	0	0.00%
Vehículos pesados	Bus	2E	5	5	10	12	9	-	-	41	5.86	0.954	6	2.62%
		>=3 E	8	8	2	-	2	-	-	20	2.86	0.954	3	1.31%
	Camión	2 E	1	1	8	3	1	-	-	14	2.00	0.954	2	0.87%
		3 E	-	-	-	2	-	-	-	2	0.29	0.954	1	0.44%
		4 E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
	Semi Tráiler	2S1/2S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		2S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		3S1/3S2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		>= 3S3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
	Tráiler	2T2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		2T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		3T2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
		>=3T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.954	0	0.00%
Total			295	272	353	314	248	38	51	1,571	224	20	229	100.00%

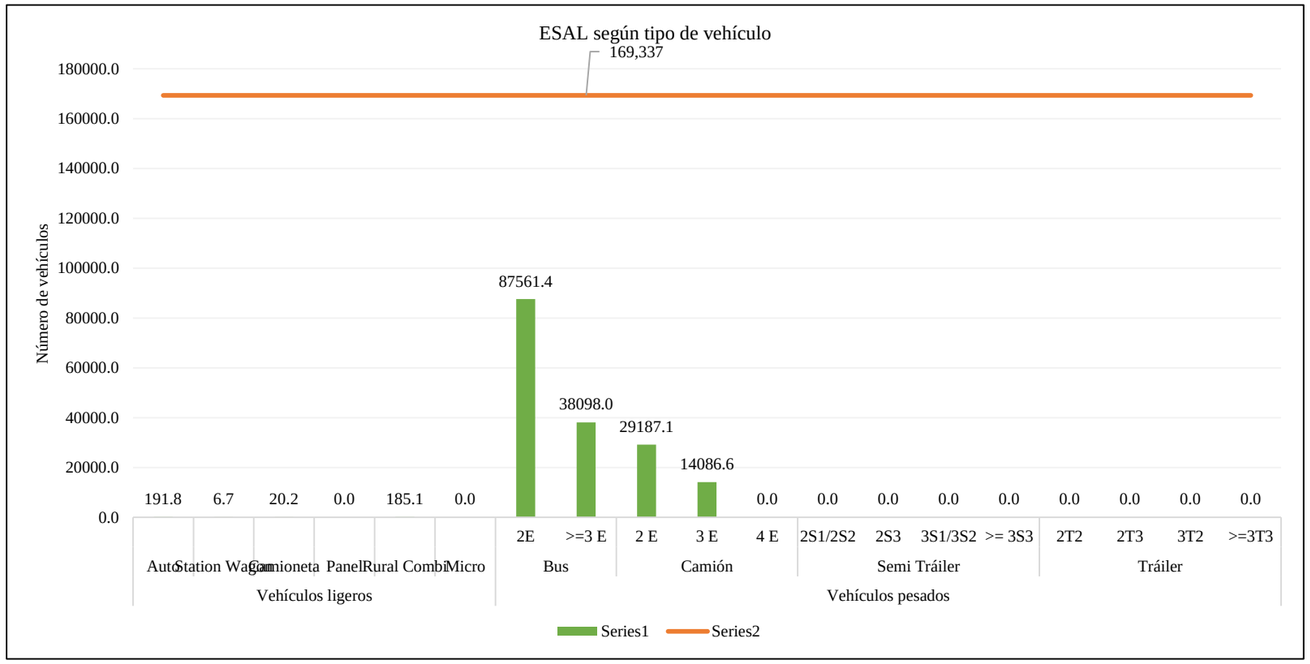
Tipo de vehículos			IMDA	%
Vehículos ligeros	Motolineal		97	42.36%
	Mototaxi		48	20.96%
	Auto		9	3.93%
	Station Wagon		2	0.87%
	Camioneta		6	2.62%
	Panel		0	0.00%
	Rural Combi		55	24.02%
	Micro		0	0.00%
Vehículos pesados	Bus	2E	6	2.62%
		>=3 E	3	1.31%
	Camión	2 E	2	0.87%
		3 E	1	0.44%
		4 E	0	0.00%
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0.00%
		2S3	0	0.00%
		3S1/3S2	0	0.00%
		>= 3S3	0	0.00%
	Tráiler	2T2	0	0.00%
		2T3	0	0.00%
		3T2	0	0.00%
		>=3T3	0	0.00%
Total			229	100.00%

Para análisis ESSAL				
Tipo de vehículos			IMDA	%
Vehículos ligeros	Auto		57	43.18%
	Station Wagon		2	1.52%
	Camioneta		6	4.55%
	Panel		0	0.00%
	Rural Combi		55	41.67%
	Micro		0	0.00%
Vehículos pesados	Bus	2E	6	4.55%
		>=3 E	3	2.27%
	Camión	2 E	2	1.52%
		3 E	1	0.76%
		4 E	0	0.00%
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0.00%
		2S3	0	0.00%
		3S1/3S2	0	0.00%
		>= 3S3	0	0.00%
	Tráiler	2T2	0	0.00%
		2T3	0	0.00%
		3T2	0	0.00%
		>=3T3	0	0.00%
Total			132	100.00%



CÁLCULO DE ESAL

Tipo de vehículos			IMDA	Fc	Factor de presión de llantas	EE	Factor direccional	Factor carril	EE dia carril	Fact. Crecimiento	N° rep. EE	%
Vehículos ligeros	Auto		57	0.001	1	0.050	0.5	1.0	0.025	21.13	191.8	0.11%
	Station Wagon		2	0.001	1	0.002	0.5	1.0	0.001	21.13	6.7	0.00%
	Camioneta		6	0.001	1	0.005	0.5	1.0	0.003	21.13	20.2	0.01%
	Panel		0	0.001	1	0.000	0.5	1.0	0.000	21.13	0.0	0.00%
	Rural Combi		55	0.001	1	0.048	0.5	1.0	0.024	21.13	185.1	0.11%
	Micro		0	0.001	1	0.000	0.5	1.0	0.000	21.13	0.0	0.00%
Vehículos pesados	Bus	2E	6	3.529	1	21.174	0.5	1.0	10.587	22.66	87561.4	51.71%
		>=3 E	3	3.071	1	9.213	0.5	1.0	4.606	22.66	38098.0	22.50%
	Camión	2 E	2	3.529	1	7.058	0.5	1.0	3.529	22.66	29187.1	17.24%
		3 E	1	3.406	1	3.406	0.5	1.0	1.703	22.66	14086.6	8.32%
		4 E	0	4.958	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	5.785	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		2S3	0	5.662	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		3S1/3S2	0	6.513	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		>= 3S3	0	5.662	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
	Tráiler	2T2	0	5.662	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		2T3	0	6.390	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		3T2	0	8.041	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
		>=3T3	0	7.919	1	0.000	0.5	1.0	0.000	22.66	0.0	0.00%
Total			132							**TP1**	169337.0	100.00%

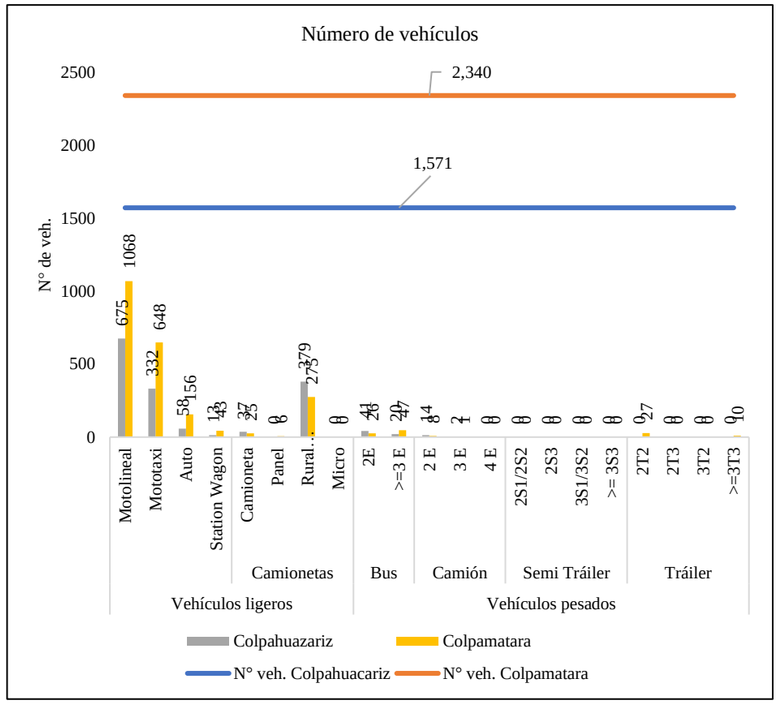


Carretera	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													Total
	Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler				
					Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
Colpahuazariz	675	332	58	13	37	0	379	0	41	20	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1571.00
Colpamatara	1068	648	156	43	25	6	275	0	26	47	8	1	0	0	0	0	0	27	0	0	10	2340.00

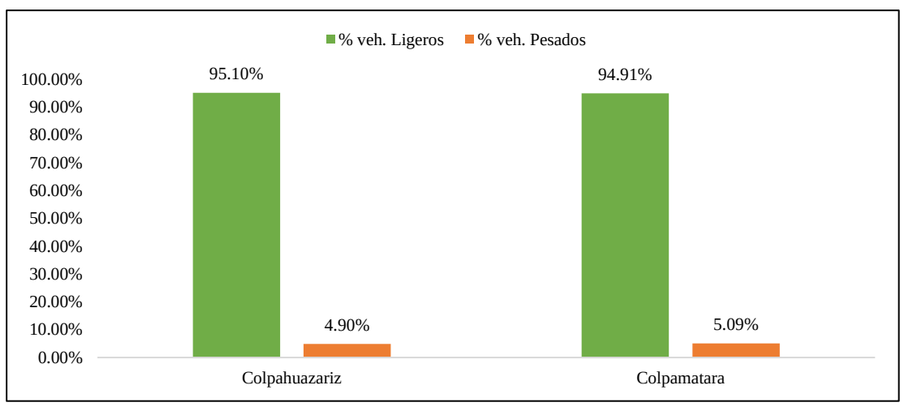
Carretera	Vehículos ligeros								Vehículos pesados													Total
	Motolineal	Mototaxi	Auto	Station Wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi Tráiler				Tráiler				
					Camioneta	Panel	Rural Combi		2E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
Colpahuazariz	675	332	58	13	37	0	379	0	41	20	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1571.00
Colpamatara	1068	648	156	43	25	6	275	0	26	47	8	1	0	0	0	0	0	27	0	0	10	2340.00

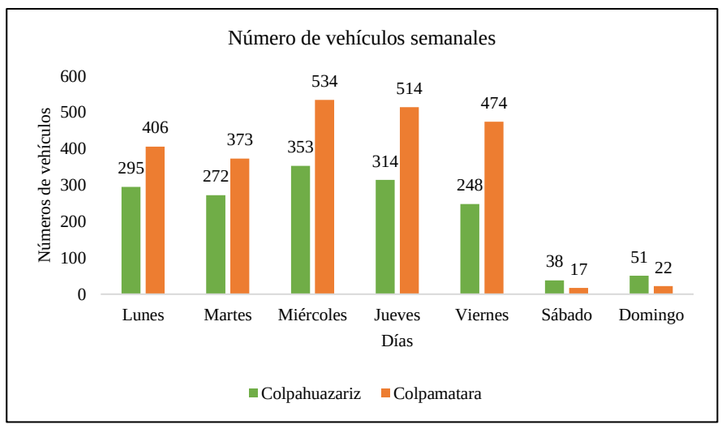
Carretera			Colpahuazariz	Colpamatara	N° veh. Colpahuacariz	N° veh. Colpamatara
Vehículos ligero		Motolineal	675	1068	1,571	2,340
		Mototaxi	332	648	1,571	2,340
		Auto	58	156	1,571	2,340
		Station Wagon	13	43	1,571	2,340
	Camionetas	Camioneta	37	25	1,571	2,340
		Panel	0	6	1,571	2,340
		Rural Combi	379	275	1,571	2,340
		Micro	0	0	1,571	2,340
	Bus	2E	41	26	1,571	2,340
		>=3 E	20	47	1,571	2,340
	Camión	2 E	14	8	1,571	2,340
		3 E	2	1	1,571	2,340
		4 E	0	0	1,571	2,340
ehículos pesad	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0	1,571	2,340
		2S3	0	0	1,571	2,340
		3S1/3S2	0	0	1,571	2,340
		>= 3S3	0	0	1,571	2,340
	Tráiler	2T2	0	27	1,571	2,340
		2T3	0	0	1,571	2,340
		3T2	0	0	1,571	2,340
		>=3T3	0	10	1,571	2,340
Total			1571.00	2340.00		

Carretera			Colpahuazari	Colpamatara
hículos ligei		Motolineal	675	1068
		Mototaxi	332	648
		Auto	58	156
		Station Wagon	13	43
	Camionetas	Camioneta	37	25
		Panel	0	6
		Rural Combi	379	275
		Micro	0	0
	Bus	2E	41	26
		>=3 E	20	47
	Camión	2 E	14	8
		3 E	2	1
		4 E	0	0
hículos pesa	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0
		2S3	0	0
		3S1/3S2	0	0
		>= 3S3	0	0
	Tráiler	2T2	0	27
		2T3	0	0
		3T2	0	0
		>=3T3	0	10
Total			1571.00	2340.00



Carretera	Vehiculos ligeros	Vehiculos pesados	% veh. Ligeros	% veh. Pesados
Colpahuazariz	1494	77	95.10%	4.90%
Colpamatara	2221	119	94.91%	5.09%





Carretera	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Colpahuazariz	295	272	353	314	248	38	51
Colpamatara	406	373	534	514	474	17	22

IMDA sin considerar vehículos ligeros (mototaxi y motolineales)

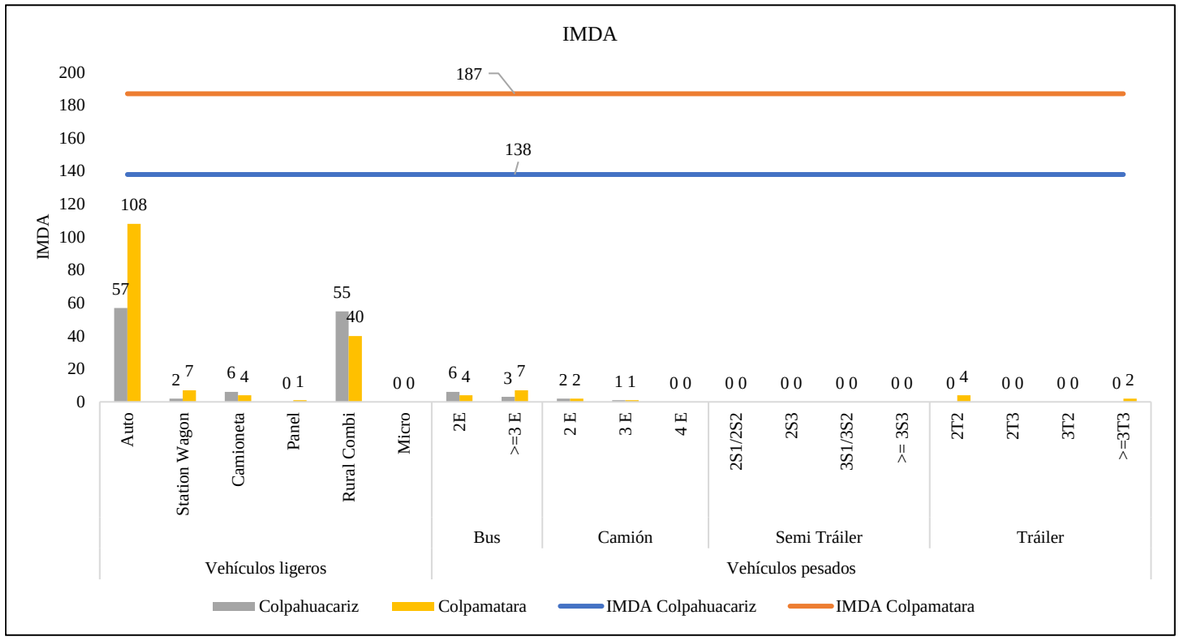
Tipo de vehículos			Colpahuacariz	Colpamatara
Vehículos ligeros		Auto	57	108
		Station Wagon	2	7
		Camioneta	6	4
		Panel	0	1
		Rural Combi	55	40
		Micro	0	0
Vehículos pesados	Bus	2E	6	4
		>=3 E	3	7
	Camión	2 E	2	2
		3 E	1	1
		4 E	0	0
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0
		2S3	0	0
		3S1/3S2	0	0
		>= 3S3	0	0
	Tráiler	2T2	0	4
		2T3	0	0
		3T2	0	0
		>=3T3	0	2
Total			132	180

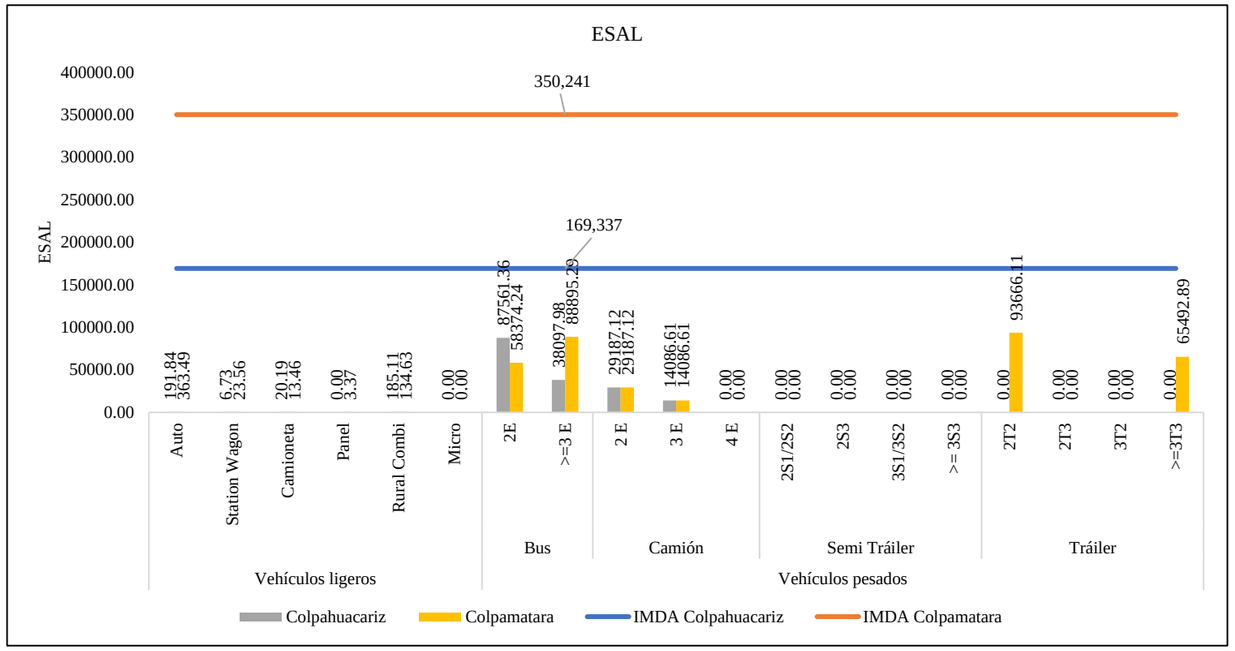
Tipo de vehículos			Colpahuacariz	Colpamatara	IMDA Colpahuacariz	IMDA Colpamatara
Vehículos ligeros		Auto	57	108	138	187
		Station Wagon	2	7	138	187
		Camioneta	6	4	138	187
		Panel	0	1	138	187
		Rural Combi	55	40	138	187
		Micro	0	0	138	187
Vehículos pesados	Bus	2E	6	4	138	187
		>=3 E	3	7	138	187
	Camión	2 E	2	2	138	187
		3 E	1	1	138	187
		4 E	0	0	138	187
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0	0	138	187
		2S3	0	0	138	187
		3S1/3S2	0	0	138	187
		>= 3S3	0	0	138	187
	Tráiler	2T2	0	4	138	187
		2T3	0	0	138	187
		3T2	0	0	138	187
		>=3T3	0	2	138	187
Total			132	180		

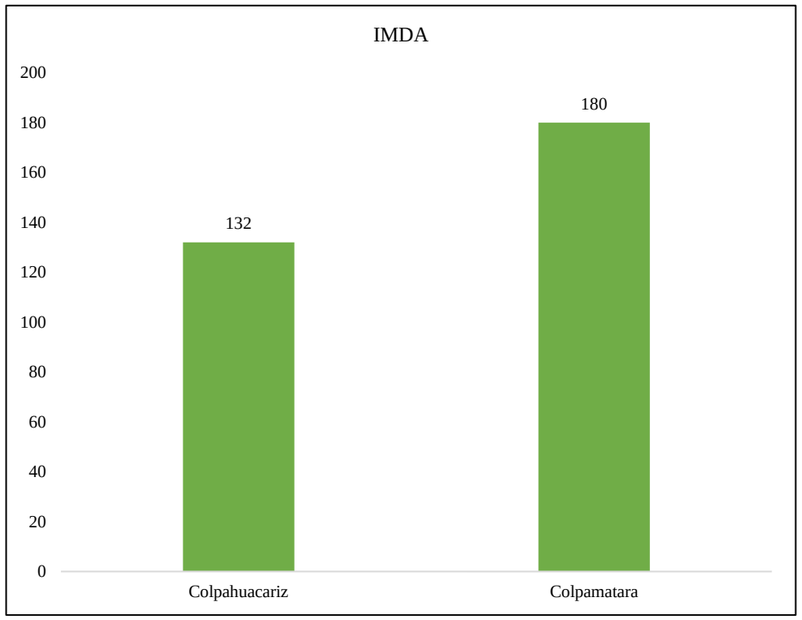
Cálculo de ESSAL

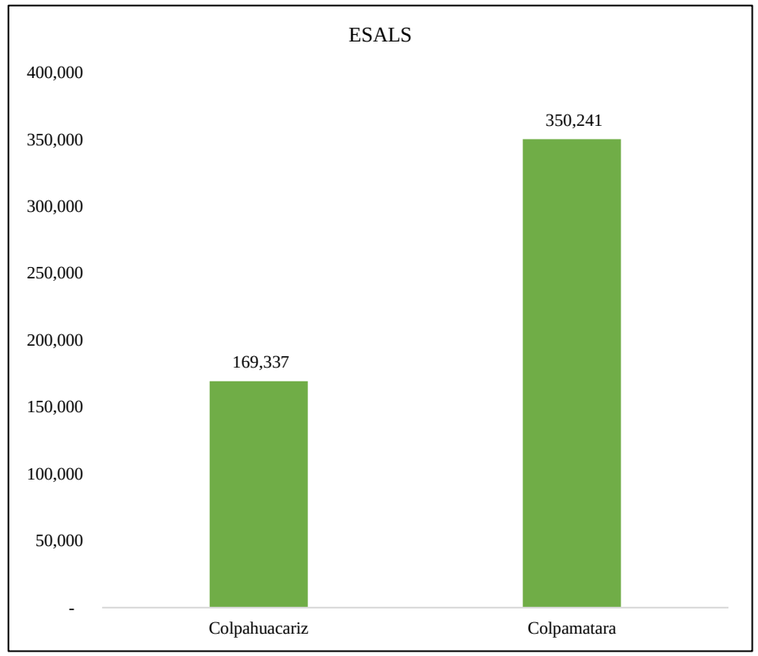
Tipo de vehículos			Colpahuacariz	Colpamatara
Vehículos ligeros	Auto		191.84	363.49
	Station Wagon		6.73	23.56
	Camioneta		20.19	13.46
	Panel		0.00	3.37
	Rural Combi		185.11	134.63
	Micro		0.00	0.00
Vehículos pesados	Bus	2E	87561.36	58374.24
		>=3 E	38097.98	88895.29
	Camión	2 E	29187.12	29187.12
		3 E	14086.61	14086.61
		4 E	0.00	0.00
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0.00	0.00
		2S3	0.00	0.00
		3S1/3S2	0.00	0.00
		>= 3S3	0.00	0.00
	Tráiler	2T2	0.00	93666.11
		2T3	0.00	0.00
		3T2	0.00	0.00
		>=3T3	0.00	65492.89
Total			169,337	350,241
Tipo de tráfico			TP1	TP2

Tipo de vehículos			Colpahuacariz	Colpamatara	ESAL Colpahuacariz	ESAL Colpamatara
Vehículos ligeros	Auto		191.84	363.49	169,337	350,241
	Station Wagon		6.73	23.56	169,337	350,241
	Camioneta		20.19	13.46	169,337	350,241
	Panel		0.00	3.37	169,337	350,241
	Rural Combi		185.11	134.63	169,337	350,241
	Micro		0.00	0.00	169,337	350,241
Vehículos pesados	Bus	2E	87561.36	58374.24	169,337	350,241
		>=3 E	38097.98	88895.29	169,337	350,241
	Camión	2 E	29187.12	29187.12	169,337	350,241
		3 E	14086.61	14086.61	169,337	350,241
		4 E	0.00	0.00	169,337	350,241
	Semi Tráiler	2S1/2S2	0.00	0.00	169,337	350,241
		2S3	0.00	0.00	169,337	350,241
		3S1/3S2	0.00	0.00	169,337	350,241
		>= 3S3	0.00	0.00	169,337	350,241
	Tráiler	2T2	0.00	93666.11	169,337	350,241
		2T3	0.00	0.00	169,337	350,241
		3T2	0.00	0.00	169,337	350,241
		>=3T3	0.00	65492.89	169,337	350,241
Total			169,337	350,241		
Tipo de tráfico			TP1	TP2		


IMDA
IMDA
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
187
138
108
57
2 7
6 4
0 1
55
40
0 0
6 4
3 7
2 2
1 1
0 0
0 0
0 0
0 0
0 0
0 4
0 0
0 0
0 2
Auto
Station Wagon
Camioneta
Panel
Rural Combi
Micro
2E
>=3 E
2 E
3 E
4 E
2S1/2S2
2S3
3S1/3S2
>= 3S3
2T2
2T3
3T2
>=3T3
Vehículos ligeros
Bus
Camión
Semi Tráiler
Tráiler
Vehículos pesados
Colpahuacariz
Colpamatara
IMDA Colpahuacariz
IMDA Colpamatara


ESAL
ESAL
400000.00
350000.00
300000.00
250000.00
200000.00
150000.00
100000.00
50000.00
0.00
350,241
169,337
191.84
363.49
6.72
23.56
20.19
13.46
0.00
3.37
185.11
134.63
0.00
0.00
87561.36
58374.24
38097.98
88895.29
29187.12
29187.12
14086.61
14086.61
0.00
0.00
0.00
0.00
0.00
0.00
0.00
0.00
0.00
93666.11
0.00
0.00
0.00
0.00
0.00
65492.89
Auto
Station Wagon
Camioneta
Panel
Rural Combi
Micro
2E
>=3 E
2 E
3 E
4 E
2S1/2S2
2S3
3S1/3S2
>= 3S3
2T2
2T3
3T2
>=3T3
Vehículos ligeros
Bus
Camión
Semi Tráiler
Tráiler
Vehículos pesados
Colpahuacariz
Colpamatara
IMDA Colpahuacariz
IMDA Colpamatara


IMDA
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
132
180
Colpahuacariz
Colpamatara


ESALS
400,000
350,000
300,000
250,000
200,000
150,000
100,000
50,000
-
169,337
350,241
Colpahuacariz
Colpamatara

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2026)

FORMATO Nº 1.1 A

Nº	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros	Ligeros
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458	0.8773	0.9386	1.0294	1.0292	0.9845	1.0000
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9863	0.8917	0.9168	1.0069	1.0155	1.0712	0.8127	1.0000
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479	0.9820	1.0329	0.9842	0.9966	0.8835	1.0000
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0576	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711	0.9893	1.0821	1.0845	1.1559	0.9021	1.0000
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449	0.9108	0.9242	1.0455	1.0348	0.9733	1.0000
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3961	1.2549	1.2278	1.3076	1.2658	1.2303	0.8494	1.0000
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722	0.9150	1.0516	1.0161	1.0259	0.8914	1.0000
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900	0.8677	0.9953	0.9895	1.0077	0.7648	1.0000
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401	0.8801	1.0508	0.9739	1.1465	0.8656	1.0000
10	CATAC	1.0992	1.0589	1.3534	1.0405	1.0772	1.0762	0.8316	0.8717	0.9632	0.9514	1.1169	0.9747	1.0000
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517	0.9133	0.8930	0.9959	0.9734	0.7789	1.0000
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9986	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419	0.9217	0.9818	0.9211	1.0968	0.9676	1.0000
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867	0.8314	1.0145	0.9547	1.0196	0.9379	1.0000
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368	0.9915	1.0553	1.0166	1.0421	0.7493	1.0000
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032	1.4238	1.5046	1.2451	1.1887	0.6261	1.0000
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8829	1.0000
17	CHULUCANAS	1.0210	1.0629	1.1565	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771	0.9150	0.9843	0.9479	0.9145	0.7502	1.0000
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9071	0.9185	1.0902	0.8660	1.0664	0.6549	1.0000
19	CORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786	0.8795	1.0065	0.9892	1.1933	0.8888	1.0000
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640	0.9864	1.1644	0.9986	1.0861	0.6673	1.0000
21	CUCULI	0.9988	1.0350	1.1242	1.1174	1.1070	0.9545	0.9574	0.9186	0.9449	0.9671	0.9672	1.0218	1.0000
22	DESVIO OLMOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1600	1.1451	1.0896	0.9427	0.8716	0.9919	0.9562	1.0093	0.7176	1.0000
23	DESVIO TALARA	0.8889	0.8761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9465	0.9935	1.1153	1.0280	1.0362	0.8201	1.0000
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0559	1.0613	1.0717	1.1269	1.0109	0.9938	1.0838	1.0772	1.0791	0.8290	1.0000
25	EL PARAISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012	0.9733	1.1060	1.0310	1.0929	0.7531	1.0000
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1835	0.8765	1.0108	1.1687	1.0754	1.1540	0.6525	1.0000
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9256	0.8519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8634	0.9658	1.1330	1.0542	1.1438	0.6719	1.0000
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323	0.9830	1.0531	0.9755	1.1795	0.8886	1.0000
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9693	0.7789	1.0459	1.0628	1.1372	0.9867	1.0000
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008	1.0550	0.9804	1.0440	1.0342	0.8332	1.0000
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9075	1.1200	1.1826	0.9369	0.9922	1.1421	1.0329	1.0528	0.4477	1.0000
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263	0.9065	0.9251	0.8919	0.8810	0.7535	1.0000
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265	0.9416	1.1121	0.9751	1.0782	1.0732	1.0000
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928	0.9432	1.0228	0.9617	1.0240	0.7588	1.0000
36	MARCONA	0.9662	0.8961	0.9852	1.0088	1.0983	1.0530	1.0341	1.0196	1.0333	1.0271	1.0027	0.7889	1.0000
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6697	1.6168	1.5740	1.5939	1.4242	1.3091	0.7821	1.0000
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502	0.9064	1.0854	0.8523	0.7838	0.5208	1.0000
39	MOCCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0013	0.6605	1.0000
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.0354	1.1059	1.0488	1.0071	1.0540	1.0687	1.0353	0.8310	1.0000
41	MORROPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.8926	0.9687	1.0920	0.9715	1.0545	0.6746	1.0000
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435	0.9373	0.9761	0.9702	0.9891	0.8038	1.0000
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221	0.9299	1.0191	1.0129	1.0678	1.0237	1.0000
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0717	1.1095	1.1596	0.9319	0.9569	1.1054	1.0141	1.0390	0.6863	1.0000
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9639	1.1074	1.0791	0.8941	0.9429	1.0130	0.9989	1.0593	0.9694	1.0000
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9955	1.0884	1.1366	1.1292	1.0983	1.0805	1.0034	1.0469	1.0315	0.7241	1.0000
47	PAMPA CUELLAR	1.0470	0.8406	1.0891	1.0786	1.1541	1.1507	0.9423	0.7893	1.0577	1.0224	1.0477	0.8316	1.0000
48	PAMPA GALERA	0.9682	1.0250	1.1275	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216	0.7799	1.0466	1.0741	1.1328	0.8288	1.0000
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0838	1.0298	1.1090	1.0882	0.8872	0.9048	0.8396	0.9118	0.9069	0.8363	1.0000
50	PATAHUASI	1.0587	0.9424	1.1593	1.0874	1.1075	1.1136	0.9016	0.7985	1.0365	0.9748	1.0193	0.8250	1.0000
51	PEDRO RUIZ	0.9743	1.0357	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404	0.9088	0.9643	0.9746	1.0028	0.7673	1.0000
52	PICHIRHUA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0572	1.0324	1.0052	0.9096	0.8779	0.9784	0.9987	1.0072	0.7769	1.0000
53	PIURA SULLANA	1.1032	1.0808	1.1780	1.0977	1.0536	1.0475	0.9646	0.9472	0.9953	0.9479	0.9443	0.7354	1.0000
54	PLANCHON	1.0522	1.0822	1.0719	1.0640	1.0586	1.0147	0.9340	0.9113	0.9516	0.9578	1.0475	0.7584	1.0000
55	POMAHUACA	0.9923	0.9975	1.1424	1.1909	1.1430	1.0907	0.9262	0.8476	0.9921	0.9880	1.0076	0.7033	1.0000
56	PONGO	1.0334	1.0848	1.0606	1.0886	1.0567	1.0028	0.9826	0.9141	0.9728	0.9669	0.9699	0.8065	1.0000
57	POZO REDONDO	0.9235	0.8502	1.0219	1.0682	1.1022	1.0689	1.0385	1.0403	1.1089	1.0396	1.0052	0.8472	1.0000
58	PUNTA PERDIDA	0.9849	0.8010	1.1299	1.2158	1.4581	1.4051	0.8099	0.5874	1.1694	1.0552	1.2693	1.0738	1.0000
59	QUIULLA	1.1371	1.1635	1.2501	1.0385	1.0168	1.0572	0.8120	0.8670	0.9850	0.9894	1.1196	0.8197	1.0000
60	RUMICHACA	1.0728	0.9436	1.0297	0.8578	1.2202	1.1942	0.8757	0.8975	1.0348	1.0713	1.1703	0.9911	1.0000
61	SAN ANTON								1.1261	1.0559	0.9635	1.0337	0.8809	1.0000
62	SAN GABAN	1.0500	0.9816	1.0785	1.0904	1.1222	1.0984	0.9730	0.9088	0.9405	0.9236	0.9675	0.8185	1.0000
63	SAN LORENZO	0.9766	1.0535	1.1195	1.1258	1.1044	1.0287	0.8775	0.9294	0.9572	0.9531	1.0553	0.7550	1.0000
64	SANTA LUCIA	1.0119	0.8481	1.1341	1.1083	1.1142	1.1636	0.9390	0.7603	1.0670	1.0127	1.0654	0.8428	1.0000
65	SAYLLA	1.0247	0.9848	1.1232	1.0935	1.0634	1.0650	0.9819	0.9125	0.9189	0.9852	0.9876	0.9300	1.0000
66	SERPENTIN DE PASAM	1.0952	1.0572	1.0806	1.0634	1.0649	1.0634	0.9685	0.8150	1.0387	1.0592	1.0482	0.9383	1.0000
67	SICUYANI	1.0307	0.8251	1.0268	1.0855	1.1303	1.1529	0.9101	0.7631	1.0878	1.0585	1.1855	1.0308	1.0000
68	SOCOS	1.2201	0.9974	0.9997	0.8936	1.0904	1.0721	0.9417	0.9564	1.0115	1.0043	1.0295	0.9394	1.0000
69	TAMBOGRANDE	0.9319	0.9595	1.0447	1.1058	1.0969	1.0611	1.0462	1.0492	1.0252	0.8999	0.9612	0.8933	1.0000
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434	0.7758	1.0000
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.0103	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159	0.9908	1.0000
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481	0.7614	1.0000
73	UTCUBAMBA	1.2615	1.0304	1.0861	1.0957	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9666	0.9829	0.7404	1.0000
74	VARIANTE DE PASAMA	0.9446	0.9314	1.0413	0.9953	1.0835	1.1120	0.9454	0.9962	1.0777	0.9899	1.0378	0.7725	1.0000
75	VARIANTE DE UCHUM	0.7271	0.6706	1.0249	1.1471	1.1965	1.1952	1.1283	1.0842	1.1307	1.1457	1.1340	0.8249	1.0000
76	VESIQUE	0.8541	0.8934	1.0456	1.0853	1.1403	1.1558	1.0155	1.0827	1.1187	1.0027	1.0222	0.6992	1.0000
77	VIRU	1.0216	0.9810	1.0936	1.0639	1.1199	1.1221	0.9508	1.0231	1.0946	0.9628	0.9888	0.6731	1.0000
78	YAUCA	0.8963	0.8050	1.0503	1.0220	1.1199	1.1231	0.9580	0.9940	1.0611	1.0581	1.1286	0.9101	1.0000

Información al 2026.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2026)

FORMATO Nº 1.1 B

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados	Pesados
		FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC	FC
1	AGUAS CALIENTES	1.0234	0.9771	1.0540	1.0631	1.0703	1.1254	0.9831	0.9574	0.9655	0.9434	0.9429	0.9922	1.0000
2	AGUAS CLARAS	1.0497	1.0164	0.9941	1.0038	0.9878	0.9823	0.9940	0.9597	0.9819	1.0086	1.0042	0.8920	1.0000
3	AMBO	0.7967	0.7869	0.8193	0.7762	0.7945	0.7905	0.7890	1.0495	1.0086	0.9572	0.9482	0.9447	1.0000
4	ATICO	1.0402	0.9961	1.0326	1.0478	1.0392	1.0365	1.0288	0.9862	0.9828	0.9573	0.9313	0.9458	1.0000
5	AYAVIRI	1.0377	1.0057	1.0835	1.0533	1.0511	1.0319	0.9884	0.9505	0.9335	0.9456	0.9485	0.9933	1.0000
6	CAMANA	0.9370	0.8802	1.0410	1.0753	1.0804	1.0953	1.0782	1.0099	1.0099	0.9947	0.9786	0.8325	1.0000
7	CANCAS	1.0490	0.9888	1.0151	1.0452	1.0584	1.0381	1.0041	0.9824	1.0019	0.9551	0.9433	0.9563	1.0000
8	CARACOTO	1.0489	1.0165	1.0879	1.0415	1.0743	1.0541	0.9982	0.9041	0.9575	0.9453	0.9765	0.8133	1.0000
9	CASARACRA	1.1123	1.0819	1.1121	0.9769	0.9865	0.9782	0.9872	0.9697	0.9731	0.9521	1.0674	0.9416	1.0000
10	CATAC	1.0538	1.0807	1.1606	1.0756	1.0119	0.9642	0.9591	0.9372	0.9719	0.9644	0.9958	0.9684	1.0000
11	CCASACANCHA	1.0985	1.0820	1.0974	1.0774	1.0216	0.9848	0.9688	0.9568	0.9552	0.9509	0.9198	0.7875	1.0000
12	CHACAPAMPA	1.1253	0.9872	0.9856	1.0061	1.0477	1.0441	1.0496	0.9939	0.9340	0.9269	0.9523	1.0257	1.0000
13	CHALHUAPUQUIO	1.0741	1.0868	1.0814	1.0640	1.0533	0.9822	0.9411	0.9321	0.9569	0.9455	0.9498	0.9948	1.0000
14	CHICAMA	0.9742	0.9585	1.0327	1.0799	1.0586	1.0428	1.0427	0.9889	0.9895	0.9814	0.9459	0.7964	1.0000
15	CHILCA	0.9471	0.9731	1.0202	1.0429	1.0652	1.0551	1.0341	0.9979	0.9991	0.9830	0.9674	0.8073	1.0000
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9865	0.9731	0.9169	1.2400	0.9257	1.0000
17	CHULUCANAS	1.0042	0.9705	1.1344	1.1580	1.0939	1.0464	1.0225	0.9536	0.9603	0.9195	0.8980	0.7996	1.0000
18	CIUDAD DE DIOS	0.9412	0.9568	1.1245	1.0109	0.9763	1.0522	1.0638	1.0509	1.0687	0.8375	0.8101	0.6639	1.0000
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9536	0.9648	0.9756	0.9759	0.9653	0.9769	0.9739	1.0900	0.9561	1.0000
20	CRUCE BAYOVAR	0.9925	0.9617	1.0163	1.0654	1.0473	1.0635	1.0368	0.9979	1.0155	0.9779	0.9314	0.7892	1.0000
21	CUCULI	0.9544	1.0489	1.1882	1.1610	1.0781	0.9789	0.9835	0.9222	0.9034	0.9413	0.9400	1.0895	1.0000
22	DESVIO OLMOS	1.0670	1.0554	1.0607	1.0567	1.0520	1.0192	0.9857	0.9187	0.9394	0.9597	0.9510	0.8440	1.0000
23	DESVIO TALARA	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196	1.0096	0.9862	1.0060	0.9840	0.9643	0.9566	1.0000
24	EL FISCAL	0.9793	0.9154	1.0173	1.0391	1.0246	1.1024	1.0633	1.0320	1.0256	0.9910	0.9728	0.8304	1.0000
25	EL PARAISO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0501	1.0370	1.0203	1.0117	0.9785	0.9958	0.9754	0.9592	0.8049	1.0000
26	FORTALEZA	1.0095	0.9646	1.0035	1.0378	1.0432	1.0527	1.0371	0.9852	0.9989	0.9807	0.9610	0.7830	1.0000
27	HUACRAPUQUIO	0.8680	0.9011	0.8423	0.7848	1.1603	1.0254	0.9226	0.9778	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000
28	HUARMEY	1.0626	1.0429	1.1171	1.1586	1.1478	1.0300	0.9937	0.9497	0.9638	0.9479	0.9288	0.7750	1.0000
29	ICA	0.9862	0.9844	1.0316	1.0471	1.0536	1.0587	1.0384	0.9804	0.9489	0.9352	1.0246	0.8853	1.0000
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9580	1.0108	1.0332	1.0505	1.0763	0.8865	1.0774	1.0686	1.1077	1.0765	1.0000
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0755	0.9887	1.0028	1.0483	1.0198	1.0030	0.9598	0.9650	0.9476	0.8449	1.0000
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0339	1.0479	1.0542	1.0382	1.0310	0.9626	0.9677	0.9563	0.9390	0.4681	1.0000
33	LOMA LARGA BAJA	0.9984	1.0881	1.2082	1.2064	1.1264	1.0819	0.9625	0.9904	0.9475	0.9315	0.9058	0.7844	1.0000
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416	0.9823	0.9305	0.9768	0.9344	0.9505	1.0360	1.0000
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260	1.2521	0.9430	0.9199	0.9216	0.9320	0.8424	1.0000
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.1061	1.0323	1.0444	1.0595	1.0602	0.9693	0.9652	0.8165	1.0000
37	MATARANI	0.9769	0.8851	1.0520	1.0660	1.0756	1.0200	1.0076	1.0345	0.9879	0.9887	0.9761	0.8394	1.0000
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628	0.9467	0.9518	1.0001	0.8032	0.7510	0.6242	1.0000
39	MOCCE	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9495	0.6739	1.0000
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0168	1.0360	1.0138	1.0964	1.0793	1.0412	1.0186	0.9900	0.9696	0.8286	1.0000
41	MORROPE	0.9853	0.9582	1.0108	1.0690	1.0412	1.0481	1.0383	1.0113	1.0140	0.9789	0.9444	0.7873	1.0000
42	MOYOBAMBA	1.0394	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980	0.9971	0.9593	0.9650	0.9824	0.9764	0.8706	1.0000
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0291	1.0329	1.0337	1.0279	0.9978	0.9794	0.9595	0.9575	0.9266	1.0810	1.0000
44	PACANGUILLA	0.9774	0.9487	1.0090	1.0641	1.0495	1.0596	1.0523	0.9901	0.9939	0.9811	0.9523	0.8040	1.0000
45	PACRA	1.0868	1.0277	1.0319	1.0367	1.0279	0.9996	0.9696	0.9510	0.9694	0.9504	0.9933	1.0005	1.0000
46	PAITA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.1043	1.0823	1.1406	1.0573	0.9480	0.9039	0.8388	0.7955	1.0000
47	PAMPA CUELLAR	1.1278	1.1060	1.0743	1.0196	1.1381	1.0914	0.9853	0.9499	0.9494	0.8790	0.8946	0.8184	1.0000
48	PAMPA GALERA	1.0903	1.0946	1.0837	1.0554	1.0345	1.0078	0.9802	0.9332	0.9554	0.9417	0.9377	0.8104	1.0000
49	PAMPAMARCA	1.0692	1.0541	1.0691	1.0606	1.0664	1.0201	0.9938	0.9473	0.7723	0.7828	0.7751	0.8073	1.0000
50	PATAHUASI	1.0842	1.0620	1.0935	1.0743	1.0716	1.0642	1.0134	0.9309	0.9448	0.8982	0.9068	0.7907	1.0000
51	PEDRO RUIZ	1.0395	1.0270	1.0141	1.0435	1.0091	0.9897	1.0051	0.9512	0.9635	0.9802	0.9788	0.8808	1.0000
52	PICHIRHUA	1.0749	1.0717	1.0921	1.0739	1.0482	1.0267	0.9978	0.9372	0.9326	0.9460	0.9215	0.7813	1.0000
53	PIURA SULLANA	1.0777	1.0635	1.1221	1.0607	1.0386	1.0120	1.0199	0.9693	0.9893	0.9711	0.9363	0.7840	1.0000
54	PLANCHON	1.3438	1.2774	1.1203	1.2187	1.0792	1.0400	0.9561	0.8949	0.8533	0.8878	0.9470	0.7937	1.0000
55	POMAHUACA	1.0921	1.0391	1.0626	1.0829	1.0577	1.0278	0.9851	0.9081	0.9596	0.9608	0.9436	0.8043	1.0000
56	PONGO	1.1352	1.0876	1.0772	1.0246	0.9968	0.9762	0.9396	0.9093	0.9267	0.9780	0.9737	0.9432	1.0000
57	POZO REDONDO	1.0265	0.9947	1.0212	1.0323	1.0463	1.0444	0.9966	0.9978	1.0416	1.0080	0.9479	0.8953	1.0000
58	PUNTA PERDIDA	1.1241	1.1208	1.0721	1.0308	1.3098	1.1524	0.9881	0.9410	0.9228	0.8658	0.9105	0.9502	1.0000
59	QUIULLA	1.1612	1.0951	1.0804	0.9231	0.9335	0.9738	0.9523	0.9509	0.9766	0.9979	1.1258	0.9767	1.0000
60	RUMICHACA	1.0818	1.0268	1.0299	1.0168	1.0400	0.9999	0.9651	0.9211	0.9717	0.9617	1.0142	1.0086	1.0000
61	SAN ANTON								1.0513	1.0045	0.9507	1.0325	0.9682	1.0000
62	SAN GABAN	1.0987	1.0538	1.1783	1.1125	1.1375	1.0887	1.2293	0.8892	0.8511	0.8426	0.9370	0.8556	1.0000
63	SAN LORENZO	1.4046	1.3695	1.3441	1.2260	1.1596	1.0369	0.9617	0.9140	0.8716	0.8117	0.8314	0.7406	1.0000
64	SANTA LUCIA	1.0470	1.0248	1.0863	1.0801	1.0723	1.0987	1.0265	0.9249	0.9396	0.9085	0.9206	0.7987	1.0000
65	SAYLLA	1.0655	1.0234	1.0782	1.0621	1.0384	1.0339	0.9836	0.9496	0.9489	0.9527	0.9402	0.9677	1.0000
66	SERPENTIN DE PASAM	1.0230	1.0047	1.0391	1.0460	1.0344	1.0180	1.0079	0.9814	0.9903	0.9671	0.9547	0.8073	1.0000
67	SICUYANI	1.1224	1.0194	1.0416	1.0932	1.1379	1.1370	1.0892	1.0167	1.0202	0.9074	0.9111	0.9537	1.0000
68	SOCOS	1.0895	1.0107	1.0057	1.0133	1.0501	0.9948	0.9791	0.9551	0.9911	0.9563	1.0190	0.9775	1.0000
69	TAMBOGRANDE	0.5981	0.7330	1.1320	1.4600	1.4249	1.2833	1.3179	1.3397	1.1955	1.0221	0.9193	0.7364	1.0000
70	TOMASIRI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996	0.8396	1.0000
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9359	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221	1.0081	1.0000
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0555	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732	0.7871	1.0000
73	UTCUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9488	0.9731	0.9745	0.8352	1.0000
74	VARIANTE DE PASAM	0.9887	0.9310	0.9776	1.0407	1.0175	0.9947	1.0313	1.0007	1.0627	1.0236	0.9889	0.8481	1.0000
75	VARIANTE DE UCHUM	1.0098	0.9718	1.0488	1.0730	1.0687	1.0488	1.0203	0.9727	0.9680	0.9544	0.9535	0.8176	1.0000
76	VESIQUE	1.0350	0.9958	1.0528	1.0910	1.0936	1.0812	1.0585	1.0182	1.0308	0.9303	0.9137	0.7587	1.0000
77	VIRU	1.0480	1.0102	1.0629	1.0926	1.0942	1.0887	1.0686	1.0210	1.0220	0.9200	0.8925	0.7637	1.0000
78	YAUCA	1.0357	0.9909	1.0322	1.0391	1.0356	1.0435	1.0345	0.9875	0.9833	0.9602	0.9350	0.9457	1.0000

Información al 2026.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

FORMATO Nº 1.2

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros	
	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa.	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca.	0.57%
Callao	1.56%
Cusco.	0.75%
Huancavelica.	0.83%
Huánuco.	0.91%
Ica.	1.15%
Junín.	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque.	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima.	1.45%
Loreto.	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	1.08%
Pasco.	0.84%
Piura.	0.87%
Puno.	0.92%
San Martín.	1.49%
Tacna.	1.50%
Tumbes.	1.58%
Ucayali	1.51%

Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	PBI
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa.	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	1.29%
Cusco.	4.43%
Huancavelica.	2.33%
Huánuco.	3.85%
Ica.	3.54%
Junín.	3.90%
La Libertad	2.83%
Lambayeque.	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima.	3.69%
Loreto.	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.27%
Pasco.	0.36%
Piura.	3.23%
Puno.	3.21%
San Martín.	3.84%
Tacna.	2.88%
Tumbes.	2.60%
Ucayali	2.77%

Información al 2017.

Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

DATOS PARA EL CÁLCULO ESAL'S

1. Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño:

Cuadro 6.1. Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

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

Fuente: MTC (2014), en base a datos de la Guía AASHTO'93.

2. Tasas de crecimiento y proyección

PERIODO DE DISEÑO **n= 20 años**

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 -50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10 - 20 años

$$T_n = T_0 * (1+r)^n$$

$$Fca_n = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día

T_0 = Tránsito actual (año base) en veh/día

n = Periodo de diseño

r = tasa anual de crecimiento de tránsito

Tasa de Crecimiento por región en %

r_{vp} =	**0.57%**	(Ver 1.2 TC - Tasa de Crecimiento Anual de la Población)
r_{vc} =	**1.29%**	(Ver 1.2 TC - Tasa de Crecimiento Anual del PBI Regional)
	3.00%	
Fca=	21.13	**(para vehículos de pasajeros)**
Fca=	22.66	**(para vehículos de carga)**

3. Número de repeticiones de ejes equivalentes

Cuadro 6.3
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)
Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2\,tn}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93

Cuadro 6.4
Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)
Para Pavimentos Rígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente ($EE_{8.2\,tn}$)
Eje Simple de ruedas simples (EE_{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE_{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 13.0]^{4.1}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE_{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 17.5]^{4.0}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93

DATOS PARA EL CÁLCULO ESAL'S

Cálculo de número de repeticiones de ejes equivalentes

Tipo de vehículo		Tipo Eje	Número Llantas	Carga Eje Tn	f	f
Vehículos ligeros	Autos	Simple	2	1	0.00043639	0.001
		Simple	2	1	0.00043639	
	Station	Simple	2	1	0.00043639	0.001
		Simple	2	1	0.00043639	
	Pick Up	Simple	2	1	0.00043639	0.001
		Simple	2	1	0.00043639	
	Panel	Simple	2	1	0.00043639	0.001
		Simple	2	1	0.00043639	
	Combi	Simple	2	1	0.00043639	0.001
		Simple	2	1	0.00043639	
	Micro	Simple	2	1	0.00043639	0.001
		Simple	2	1	0.00043639	
Buses	B2	Simple	2	7	1.27283418	3.529
		Simple	4	10	2.25612525	
	B3	Simple	2	7	1.27283418	3.071
		TANDEM	6	15	1.79806927	
Camiones	C2	Simple	2	7	1.27283418	3.529
		Simple	4	10	2.25612525	
	C3	Simple	2	7	1.27283418	3.406
		TANDEM	8	16	2.13353711	
	C4	Simple	2	7	1.27283418	4.958
		TRIDEM	10	23	3.68535214	
Semi Trayler	2S1	Simple	2	7	1.27283418	5.785
		Simple	4	10	2.25612525	
		Simple	4	10	2.25612525	
	2S2	Simple	2	7	1.27283418	5.662
		Simple	4	10	2.25612525	
		TANDEM	8	16	2.13353711	
	2S3	Simple	2	7	1.27283418	6.513
		Simple	4	10	2.25612525	
		TRIDEM	12	23	2.98372745	
	3S1	Simple	2	7	1.27283418	5.662
		TANDEM	8	16	2.13353711	
		Simple	4	10	2.25612525	
	3S2	Simple	2	7	1.27283418	5.662
		TANDEM	8	16	2.13353711	
		TANDEM	8	10	2.25612525	
	>=3S3	Simple	2	7	1.27283418	6.390
		TANDEM	8	16	2.13353711	
		TRIDEM	12	23	2.98372745	
Trayler	2T2	Simple	2	7	1.27283418	8.041
		Simple	4	10	2.25612525	
		Simple	4	10	2.25612525	
		Simple	4	10	2.25612525	
	2T3	Simple	2	7	1.27283418	7.919
		Simple	4	10	2.25612525	
		Simple	4	10	2.25612525	
		TANDEM	8	16	2.13353711	
	3T2	Simple	2	7	1.27283418	7.919
		TANDEM	8	16	2.13353711	
		Simple	4	10	2.25612525	
		Simple	4	10	2.25612525	
	>=3T3	Simple	2	7	1.27283418	7.796
		TANDEM	8	16	2.13353711	
		Simple	4	10	2.25612525	
		TRIDEM	8	16	2.13353711	

DATOS PARA EL CÁLCULO ESAL'S

Número de repeticiones de ejes equivalentes

Tipo de vehículo		f
Vehículos ligeros	Autos	0.001
	Station	0.001
	Pick Up	0.001
	Panel	0.001
	Combi	0.001
	Micro	0.001
Buses	B2	3.529
	B3	3.071
Camiones	C2	3.529
	C3	3.406
	C4	4.958
Semi Trayler	2S1	5.785
	2S2	5.662
	2S3	6.513
	3S1	5.662
	3S2	5.662
	>=3S3	6.390
Trayler	2T2	8.041
	2T3	7.919
	3T2	7.919
	>=3T3	7.796

6) CODIGO DE EJE CARGADO

L2 = tipo de eje en contacto con el pavimento

L2 = 1	eje simple
L2 = 2	eje tandem
L2 = 3	eje tridem

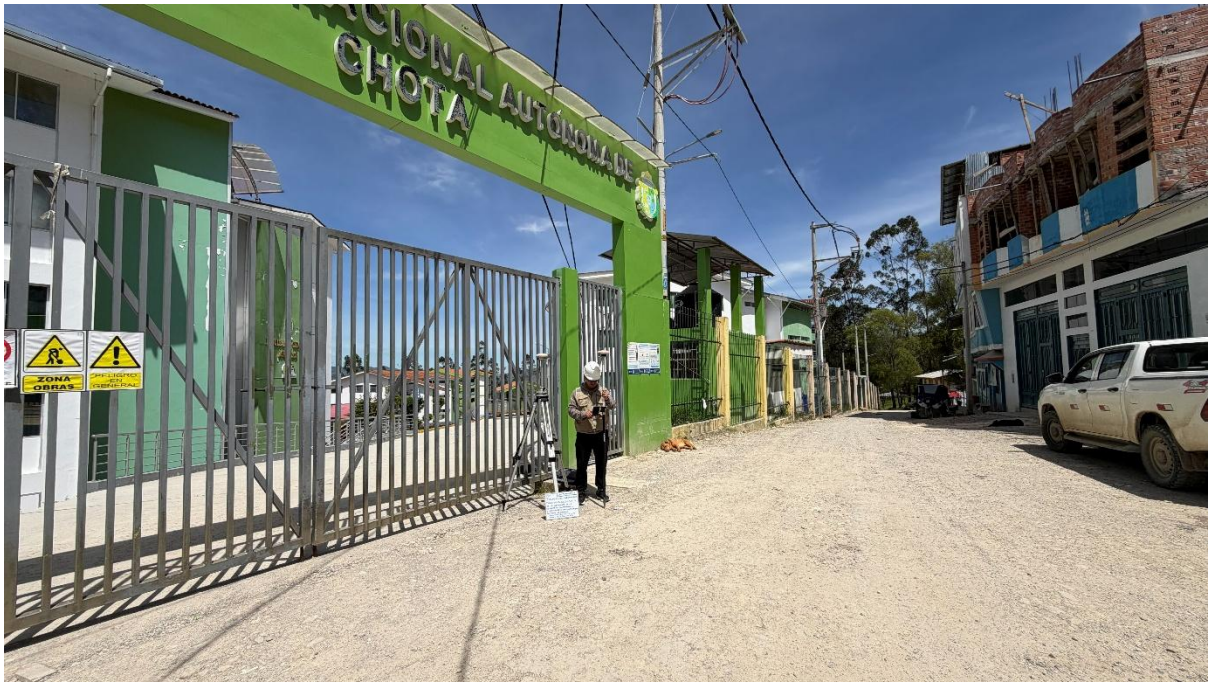
Número de repeticiones de ejes equivalentes

Vehículos ligeros	Auto		0.001
	Camioneta		0.001
	Rural Combi		0.001
	Micro		0.001
Vehículos pesados	Bus		3.529
	Camión	2 E	3.529
		3 E	3.406
		4 E	4.958
	Semi trayler	2S1/2S2	5.785
		2S3	6.513
		3S1/3S2	5.662
	Trayler	2T2	8.041
		2T3	7.919
		3T2	7.919

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico

Fotografía 1. Levantamiento topográfico mediante GPS diferencial en el tramo Colpamatara – Colpahuacariz, Chota.



Fotografía 2. Levantamiento topográfico en el eje de la carretera mediante GPS diferencial en el tramo Colpamatara – Colpahuacariz, Chota.



Fotografía 3. Adquisición de datos topográficos mediante GPS diferencial durante el trabajo de campo en el tramo vial Colpamatara – Colpahuacariz, Chota.



Fotografía 4. Adquisición de datos topográficos con GPS diferencial en el levantamiento del tramo vial Colpamatara – Colpahuacariz, Chota.



Fotografía 5. Levantamiento topográfico con GPS diferencial del tramo de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz, Chota.



Fotografía 6. Levantamiento topográfico con dron de la carretera Colpamatara - Colpahuacariz, Chota.





Fotografía 7. Conteo vehicular en el campus universitario Colpamatara, día lunes.



Fotografía 8. Conteo vehicular en el campus universitario Colpamatara, día martes



Fotografía 9. Conteo vehicular en el campus universitario Colpamatara, día miércoles



Fotografía 10. Conteo vehicular en el campus universitario Colpamatara, día jueves



Fotografía 11. Conteo vehicular en el campus universitario Colpamatara, día viernes



Fotografía 12. Conteo vehicular en el campus universitario Colpamatara, día sábado



Fotografía 13. Conteo vehicular en el campus universitario Colpamatara, día domingo



Fotografía 14. Excavación de la calicata C1, carretera Colpamatara – Colpahuacariz.



Fotografía 15. Excavación de la calicata C1, carretera Colpamatara – Colpahuacariz.



Fotografía 16. Excavación de la calicata C2, carretera Colpamatara – Colpahuacariz.





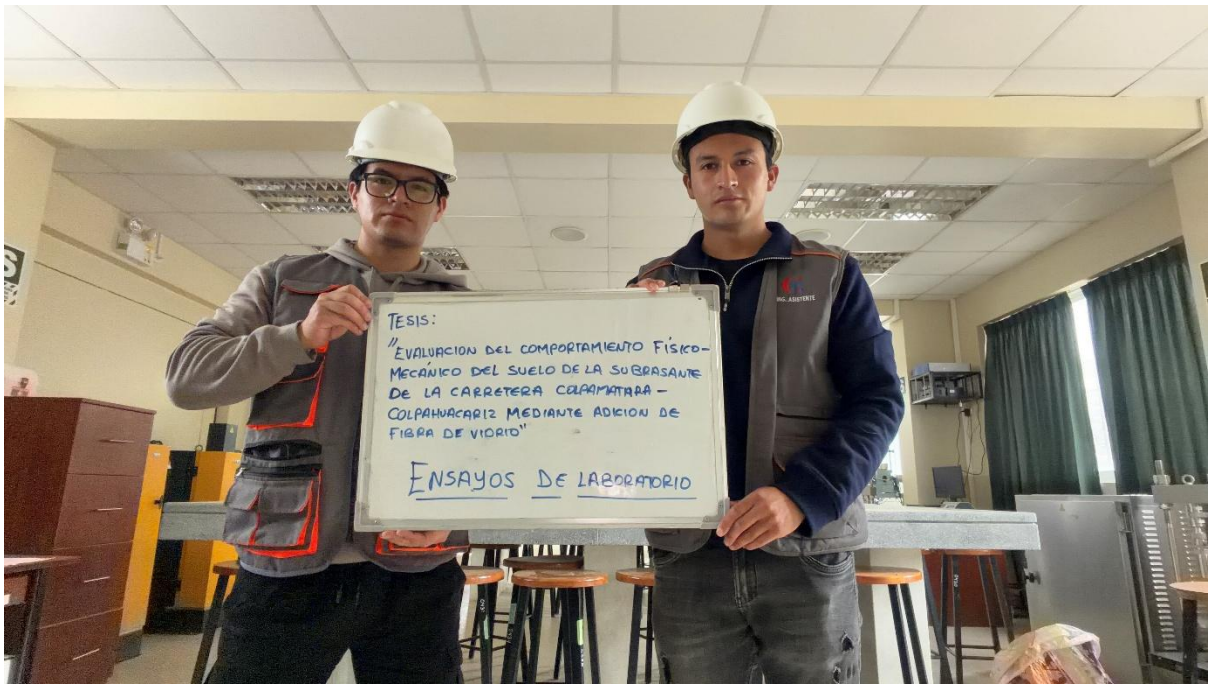
Fotografía 17. Excavación de la calicata C3, carretera Colpamatara – Colpahuacariz.



Fotografía 18. Excavación de la calicata C3, carretera Colpamatara – Colpahuacariz.



Fotografía 19. Realización de los ensayos físico mecánicos del suelo



Fotografía 20. Cuarteo del suelo de las calicatas



Fotografía 21. Análisis granulométrico del suelo de la CA-01



Fotografía 22. Análisis granulométrico del suelo de la CA-02



Fotografía 23. Análisis granulométrico del suelo de la CA-03



Fotografía 24. Pesaje del suelo de las muestras de suelo después del ensayo de granulometría



Fotografía 25. Ensayo del contenido de humedad del suelo



Fotografía 26. Preparación de la mezcla de suelo para el ensayo de límite líquido del suelo



Fotografía 27. Realización del ensayo de límite líquido de la CA-01



Fotografía 28. Realización del ensayo de límite líquido de la CA-02



Fotografía 29. Realización del ensayo de límite líquido de la CA-03



Fotografía 30. Realización del ensayo de límite plástico del suelo



Fotografía 31. Ensayo de compactación del suelo



Fotografía 32. Ensayo de CBR en el suelo de la subrasante



Fotografía 33. Mezcla del suelo con fibra de vidrio para ensayos físicos y mecánicos



Fotografía 34. Mezcla de suelo con 0.5% de fibra de vidrio



Fotografía 35. Mezcla de suelo con 1% de fibra de vidrio



Fotografía 36. Mezcla de suelo con 1.5% de fibra de vidrio



Fotografía 37. Preparación de muestra de suelo para el ensayo de compactación



Fotografía 38. Realización del ensayo de comparación del suelo de la subrasante con fibra de vidrio



Fotografía 39. Realización del ensayo de CBR en el suelo de la subrasante con fibra de vidrio



Fotografía 40. Realización del ensayo de CBR en el suelo de la subrasante con fibra de vidrio



Anexo 2. Resultado de ensayos de laboratorio

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO DE TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.	

TESISTAS JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ
RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA

CALICATA N° 01



CALICATA N° 02



CALICATA N° 03



CALICATA N° 01
SUELO NATURAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
COORDENADAS UTM	ESTE 761721.71 — NORTE 9276465.55
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA — **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

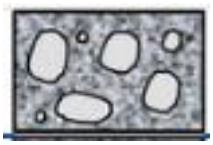
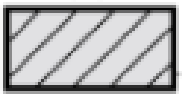
SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1

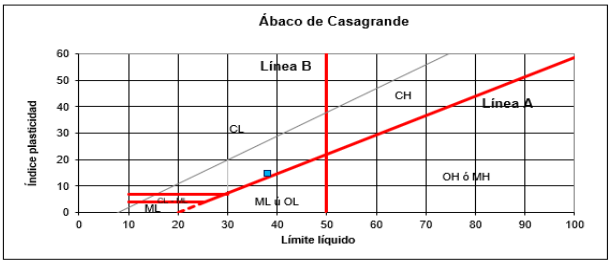
Fecha de muestreo: 5/01/2021 **Fecha de recepción:** 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.10 – 0.20 – 0.30 – 0.40 (0.40)	S/M	Está conformada por material granular tipo afirmado, proveniente de cantera de cerro.					
0.50 – 0.00 – 0.70 – 2.00 – 0.90 – 1.00 – 1.10 – 1.20 – 1.30 – 1.40 – 1.50 (1.50)	M-2	Estrato clasificado en el sistema"SUCS" Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	CL		23.15%	38.00	23.22
		Clasificación (AASHTO)	A-6(11)			IP	14.78

FOTOS

CLASIFICACIÓN SUCS

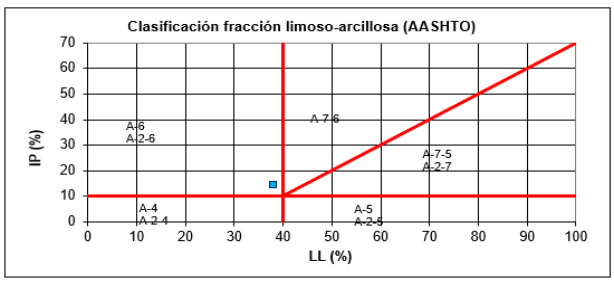


Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) CL Arcilla media plasticidad con arena

FOTO



CLASIFICACIÓN AASHTO



Clasificación AASHTO A-6(11)



ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (NTP 339.127)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

DATOS DE LA MUESTRA

SUELO NATURAL CON 0% DE FIBRA DE VIDRIO

Material: C-1 **Muestra/Calicata:** CA-01

Fecha de muestreo: 5/01/2021 **Fecha de recepción:** 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

Descripción	Und.	Ensayos				Promedio
Tara	Nº	T1	T2	T3	T4	
Peso Material Húmedo + Tara (A)	gr.	277.8	278.5	278.0	279.0	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	247.6	247.6	247.6	247.6	
Peso de Agua (A-B)	gr.	30.2	31.0	30.4	31.4	
Peso de Tara (C)	gr.	117.0	114.0	116.0	112.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	130.6	133.6	131.6	135.6	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	23.15%	23.17%	23.12%	23.16%	**23.15%**

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 23.15%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA

FECHA DE INFORME: 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0% DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

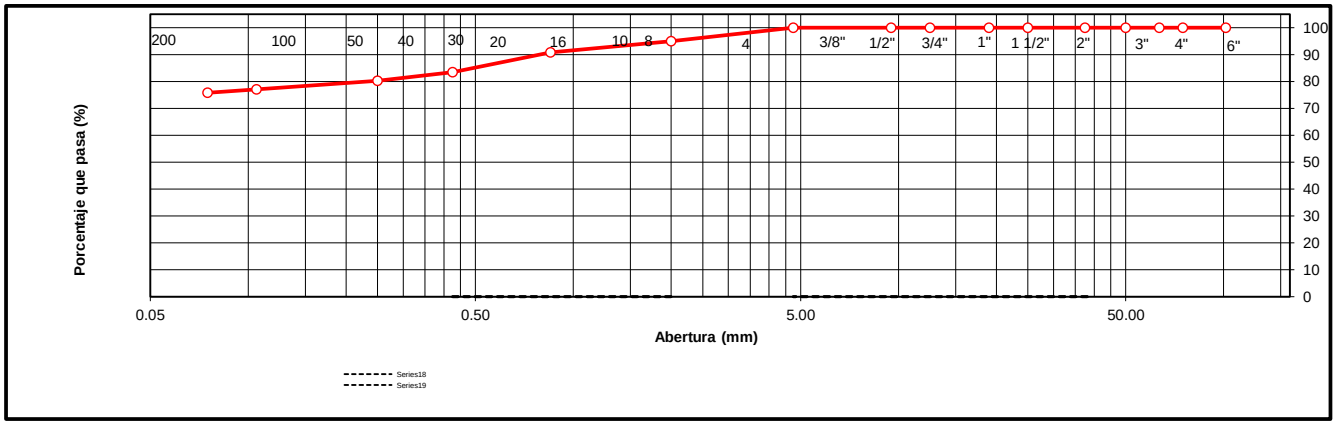
Muestra/Calicata: CA-01

Fecha de Muestreo: 5/01/2021 **Fecha de Recepción:** 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00		**OBSERVACIONES :**
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Bolonería 4" - 3" : 0.00 %
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Grava 3" - Nº 4 : 0.00 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Arena Nº4 - Nº 200 : 24.20 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Finos < Nº 200 : 75.80 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		A. gruesa Nº 4 - Nº 10 : 5.00 %
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		A. media Nº 10 - Nº 40 11.60 %
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		A. fina Nº 40 - Nº 200 7.60 %
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
Nº 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		CARACTERÍSTICAS:
Nº 8	2.360	14.00	2.80	2.80	97.20		LL (ASTM D4318-17): 38.00 %
Nº 10	2.000	11.00	2.20	5.00	95.00		LP (ASTM D4318-17): 23.22 %
Nº 16	1.190	9.00	1.80	6.80	93.20		IP (ASTM D4318-17): 14.78 %
Nº 20	0.850	12.00	2.40	9.20	90.80		
Nº 30	0.600	35.00	7.00	16.20	83.80		Clasificación (SUCS) : CL
Nº 40	0.425	2.00	0.40	16.60	83.40		Descripción (AASHTO) A-6(11)
Nº 60	0.250	16.00	3.20	19.80	80.20		
Nº 140	0.106	16.00	3.20	23.00	77.00		
Nº 200	0.075	6.00	1.20	24.20	75.80		
< Nº 200	FONDO	379.00	75.80	100.00	0.00		

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: Nº 4

ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

DATOS DE LA MUESTRA

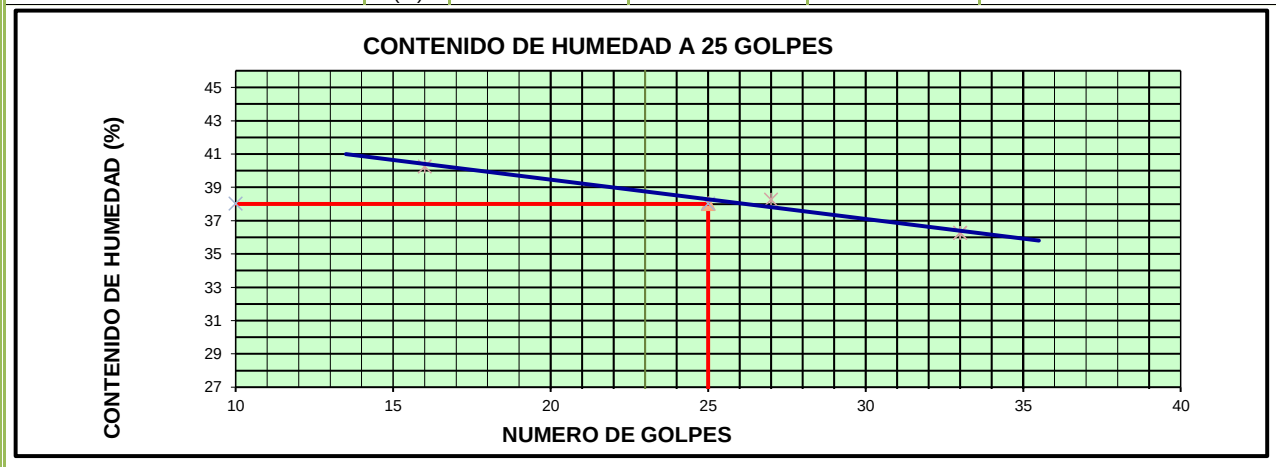
		Muestra/Calicata:	CA-01
Fecha de muestreo:	5/01/2021	**Prof.(m):**	1.50 m

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-410	T-400	T-202	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	53.01	48.84	51.78	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	45.36	39.58	42.35	
PESO DE AGUA	(g)	7.65	9.26	9.43	
PESO DE LA TARA	(g)	26.35	15.36	16.35	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.01	24.22	26.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	**40.25**	**38.25**	**36.25**	
NÚMERO DE GOLPES		**16**	**27**	**33**	

LÍMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-21	T5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	15.87	16.18		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	15.63	15.88		
PESO DE AGUA	(g)	0.24	0.30		
PESO DE LA TARA	(g)	14.58	14.59		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.05	1.29		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	**23.25**	**23.20**		



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	38.00
LÍMITE PLÁSTICO	%	23.22
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	14.78

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1 **Muestra/Calicata:** CA-01

Fecha de Muestreo: 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

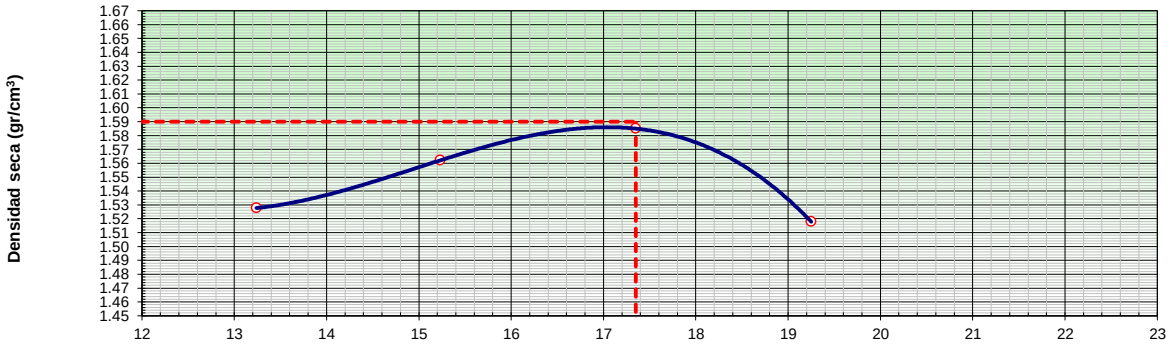
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción		1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde		5557	5621	5677	5631	
Peso neto del suelo húmedo		1594	1658	1714	1668	
Peso volumétrico húmedo		1.73	1.80	1.86	1.81	
Tara		T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara		60.73	57.98	54.78	56.83	
Peso del suelo seco + tara		56.35	52.35	48.69	49.65	
Peso de Tara		23.25	15.36	13.58	12.35	
Peso de agua		4.38	5.63	6.09	7.18	
Peso del suelo seco		33.10	36.99	35.11	37.30	
Contenido de Humedad	%	13.24	15.23	17.35	19.25	
Peso volumétrico seco		1.53	1.56	1.59	1.52	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.59

Óptimo Contenido de Humedad (%): 17.4

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1

Fecha de muestreo: 5/01/2021 **Fecha de recepción:** 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11495.92		11505.30		11273.98	
PESO DEL MOLDE (gr)	7549.00		7565.00		7573.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	3946.92		3940.30		3700.98	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.86		1.82		1.74	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	54.43		55.79		50.14	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	48.65		49.69		44.55	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	5.78		6.10		5.59	
PESO DE CAPSULA (gr)	15.36		14.58		12.36	
PESO DE SUELO SECO (gr)	33.29		35.11		32.19	
HUMEDAD (%)	17.35%		17.36%		17.38%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.59		1.55		1.48	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	55.00	1.40		72.000	1.83		100.000	2.54	
2	2	111.00	2.82		130.000	3.30		180.000	4.57	
3	3	136.00	3.45		170.000	4.32		225.000	5.72	
4	4	140.00	3.56	2.01	177.000	4.50	2.54	220.000	5.59	3.157

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			9.70	21	7.00		6.50	14	4.67		2.90	6	2.00	
0.040			16.80	37	12.33		9.58	21	7.00		5.66	12	4.00	
0.060			23.00	51	17.00		15.80	35	11.67		12.00	26	8.67	
0.080			28.90	64	21.33		22.80	50	16.67		16.00	35	11.67	
0.100		1000	36.00	79	26.33	2.6	27.00	60	20.00	2.00	20.20	45	15.00	1.50
0.200			49.50	109	36.33		39.58	87	29.00		29.90	66	22.00	
0.300			58.35	129	43.00		47.68	105	35.00		37.87	83	27.67	
0.400			63.58	140	46.67		53.98	119	39.67		43.50	96	32.00	
0.500			68.58	151	50.33		58.80	130	43.33		48.90	108	36.00	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

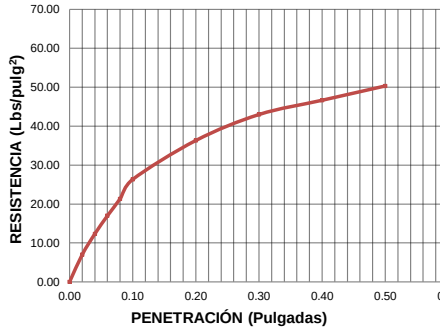
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1

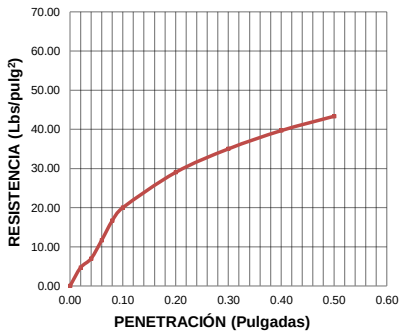
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.59
Humedad óptima (%)	17.35

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	2.63
CBR al 95% de M.D.S. (%)	1.76

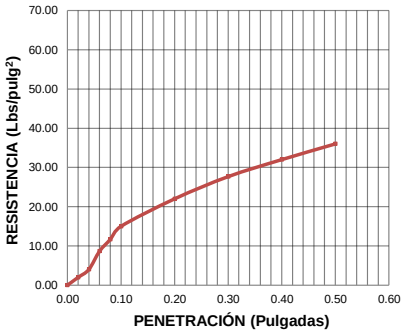
56 GOLPES

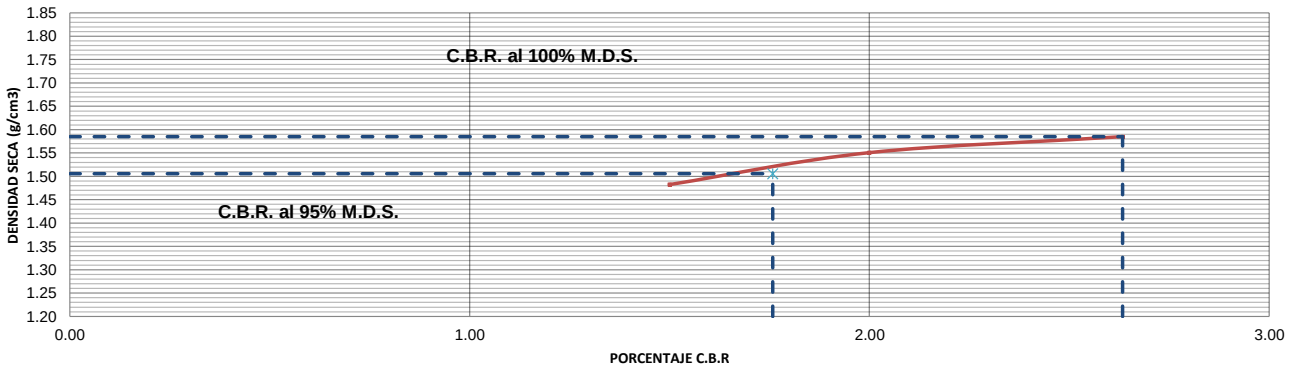


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 01
NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1 **Muestra/Calicata:** CA-01

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

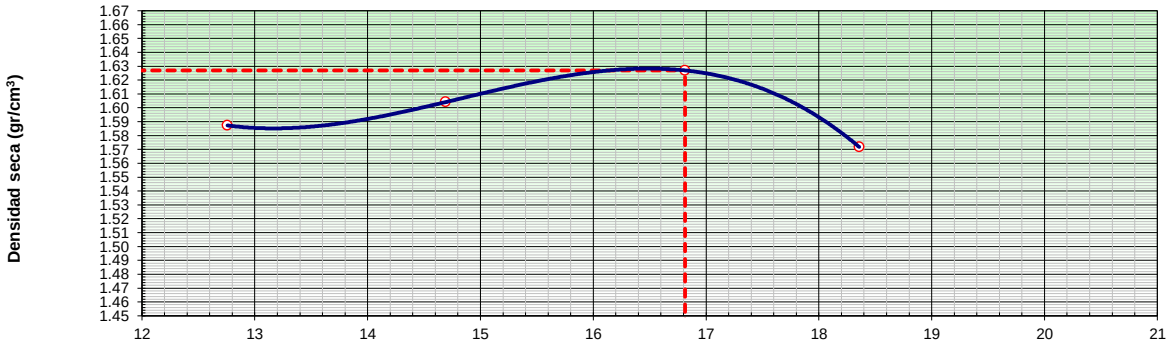
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5612	5658	5714	5677	
Peso neto del suelo húmedo	g	1649	1695	1751	1714	
Peso volumétrico húmedo	g	1.79	1.84	1.90	1.86	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	50.02	60.61	50.79	55.75	
Peso del suelo seco + tara	g	48.35	56.35	45.65	51.19	
Peso de Tara	g	35.26	27.35	15.08	26.35	
Peso de agua	g	1.67	4.26	5.14	4.56	
Peso del suelo seco	g	13.09	29.00	30.57	24.84	
Contenido de Humedad	%	12.76	14.69	16.81	18.36	
Peso volumétrico seco	gr/cm3	1.59	1.60	1.63	1.57	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.63

Óptimo Contenido de Humedad (%): 16.8

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11580.80		11505.30		11273.98	
PESO DEL MOLDE (gr)	7549.00		7565.00		7573.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4031.80		3940.30		3700.98	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.90		1.82		1.74	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	61.96		55.79		50.14	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	55.25		49.69		44.55	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	6.71		6.10		5.59	
PESO DE CAPSULA (gr)	15.36		14.58		12.36	
PESO DE SUELO SECO (gr)	39.89		35.11		32.19	
HUMEDAD (%)	16.82%		17.36%		17.38%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.63		1.55		1.48	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	50.00	1.27		78.000	1.98		85.000	2.16	
2	2	88.00	2.24		120.000	3.05		150.000	3.81	
3	3	128.00	3.25		152.000	3.86		211.000	5.36	
4	4	132.00	3.35	1.89	163.000	4.14	2.34	215.000	5.46	3.085

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			10.25	23	7.67		9.90	22	7.33		5.60	12	4.00	
0.040			22.58	50	16.67		14.58	32	10.67		11.00	24	8.00	
0.060			33.88	75	25.00		22.96	51	17.00		13.50	30	10.00	
0.080			41.25	91	30.33		27.88	61	20.33		16.35	36	12.00	
0.100		1000	48.00	106	35.33	3.5	33.58	74	24.67	2.47	20.00	44	14.67	1.47
0.200			61.58	136	45.33		46.64	103	34.33		30.58	67	22.33	
0.300			71.99	159	53.00		55.55	122	40.67		39.88	88	29.33	
0.400			80.58	178	59.33		60.50	133	44.33		49.50	109	36.33	
0.500			85.00	187	62.33		63.00	139	46.33		56.00	123	41.00	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

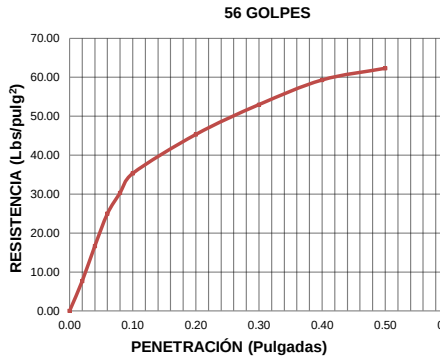
SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

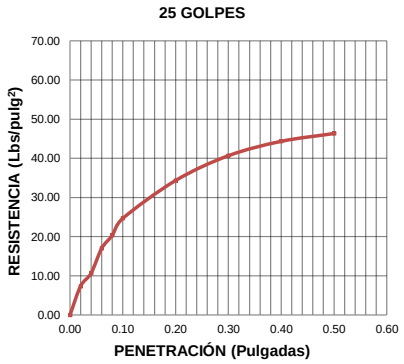
DATOS DE LA MUESTRA

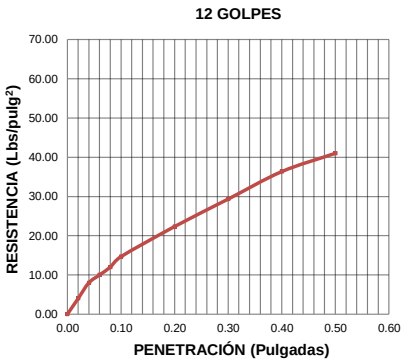
Material: C-1

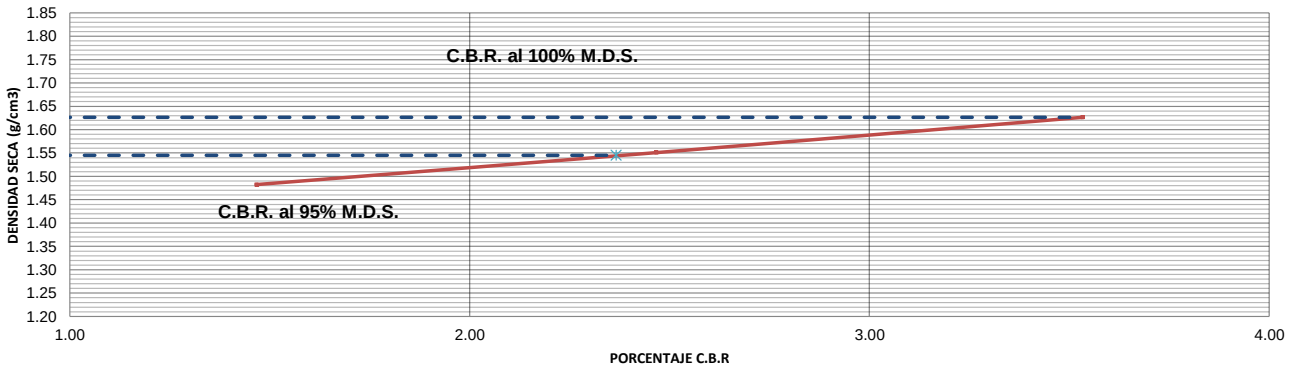
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.63
Humedad óptima (%)	16.81

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	3.53
CBR al 95% de M.D.S. (%)	2.37









ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 01
SUELO NATURAL CON 1 % DE FIBRA DE VIDRIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1 **Muestra/Calicata:** CA-01

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

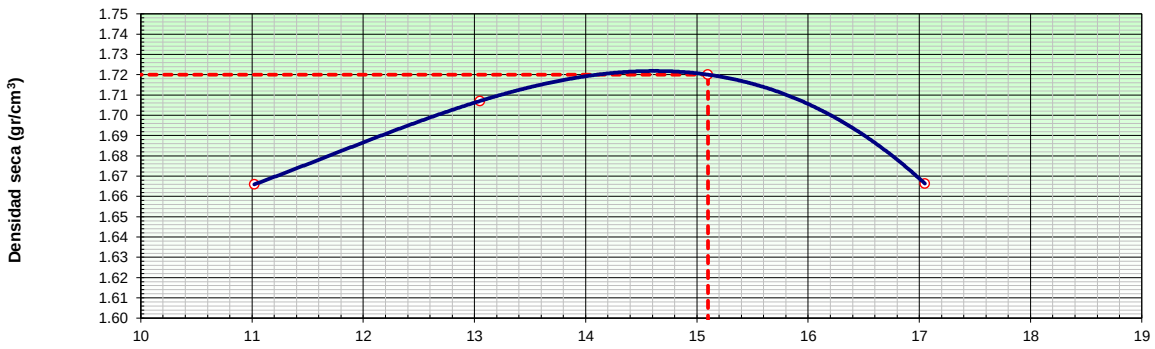
Tipo de pisón: Manual **Peso del Molde (gr):** 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5667	5741	5787	5760	
Peso neto del suelo húmedo	g	1704	1778	1824	1797	
Peso volumétrico húmedo	g	1.85	1.93	1.98	1.95	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	48.94	43.21	47.51	51.51	
Peso del suelo seco + tara	g	45.63	39.65	43.25	46.36	
Peso de Tara	g	15.63	12.36	15.07	16.14	
Peso de agua	g	3.31	3.56	4.26	5.15	
Peso del suelo seco	g	30.00	27.29	28.18	30.22	
Contenido de Humedad	%	11.02	13.05	15.10	17.05	
Peso volumétrico seco	gr/cm3	1.67	1.71	1.72	1.67	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.72

Óptimo Contenido de Humedad (%): 15.1

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11746.56		11688.80		11518.22	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4201.56		4156.80		3956.22	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.98		1.92		1.86	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	62.29		53.79		57.51	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	56.25		48.88		52.21	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	6.04		4.91		5.30	
PESO DE CAPSULA (gr)	16.25		16.35		17.14	
PESO DE SUELO SECO (gr)	40.00		32.53		35.07	
HUMEDAD (%)	15.10%		15.09%		15.11%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.72		1.67		1.62	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	30.00	0.76		60.000	1.52		68.000	1.73	
2	2	34.00	0.86		114.000	2.90		130.000	3.30	
3	3	36.00	0.91		148.000	3.76		173.000	4.39	
4	4	111.00	2.82	1.59	152.000	3.86	2.18	180.250	4.58	2.587

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		($Lbs/pulg^2$)	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%	Lectura	Lbs	$lbs/pulg^2$	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			12.55	28	9.33		11.00	24	8.00		8.00	18	6.00	
0.040			29.88	66	22.00		21.80	48	16.00		22.37	49	16.33	
0.060			48.74	107	35.67		41.55	92	30.67		27.77	61	20.33	
0.080			63.55	140	46.67		51.24	113	37.67		36.90	81	27.00	
0.100		1000	72.11	159	53.00	5.3	60.00	132	44.00	4.40	41.96	93	31.00	3.10
0.200			98.58	217	72.33		77.88	172	57.33		56.60	125	41.67	
0.300			113.25	250	83.33		91.55	202	67.33		65.80	145	48.33	
0.400			124.25	274	91.33		98.88	218	72.67		72.58	160	53.33	
0.500			130.50	288	96.00		105.60	233	77.67		79.88	176	58.67	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

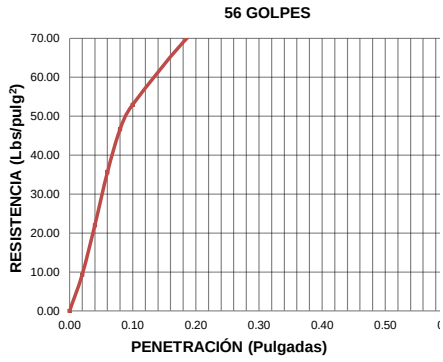
SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

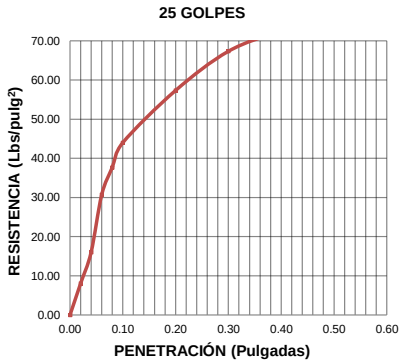
DATOS DE LA MUESTRA

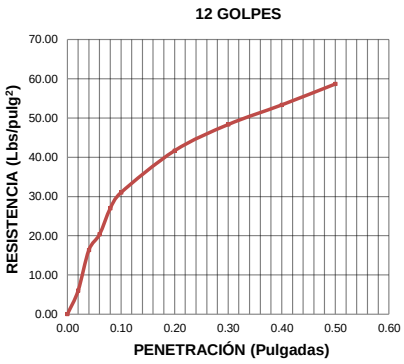
Material: C-1

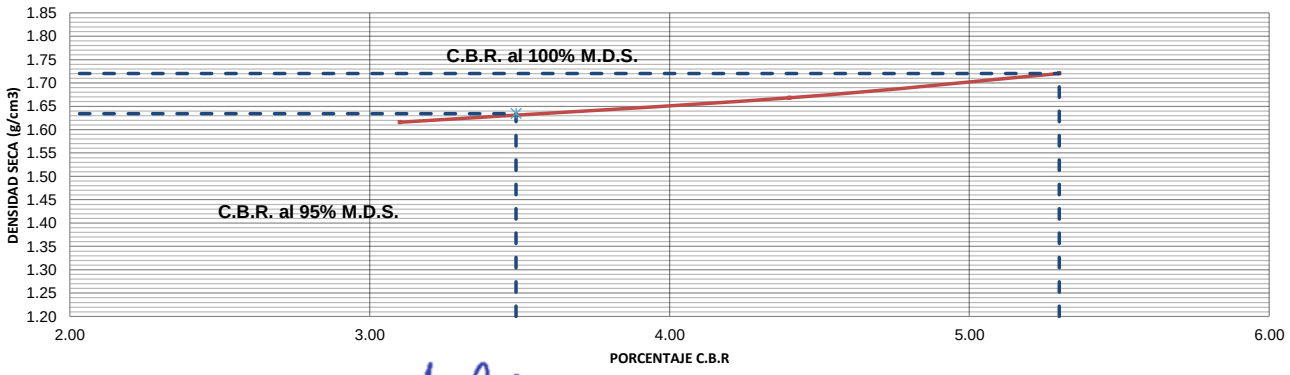
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.72
Humedad óptima (%)	15.10

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	5.30
CBR al 95% de M.D.S. (%)	3.49









ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 01
SUELO NATURAL CON 1.5% DE FIBRA DE VIDRIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1 **Muestra/Calicata:** CA-01

Fecha de Muestreo: 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

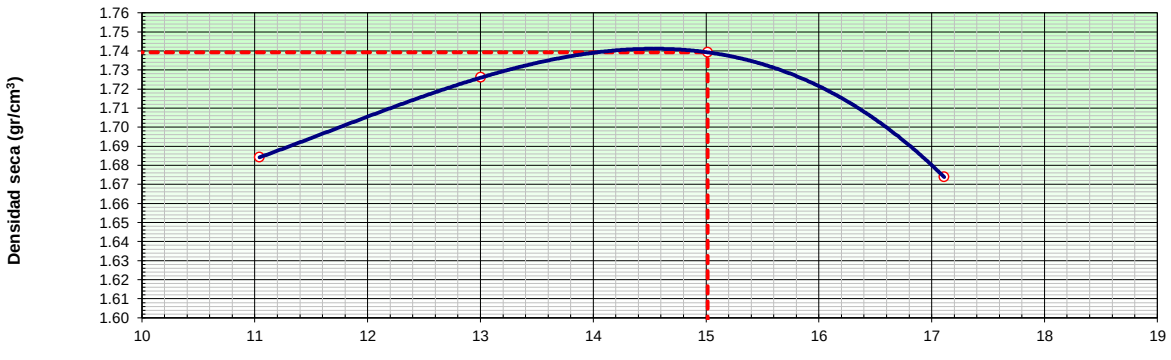
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción		1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde		5686	5760	5806	5769	
Peso neto del suelo húmedo		1723	1797	1843	1806	
Peso volumétrico húmedo		1.87	1.95	2.00	1.96	
Tara		T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara		39.00	50.51	57.64	67.72	
Peso del suelo seco + tara		36.35	46.35	52.25	59.63	
Peso de Tara		12.35	14.36	16.35	12.35	
Peso de agua		2.65	4.16	5.39	8.09	
Peso del suelo seco		24.00	31.99	35.90	47.28	
Contenido de Humedad	%	11.04	13.00	15.01	17.11	
Peso volumétrico seco		1.68	1.73	1.74	1.67	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.74

Óptimo Contenido de Humedad (%): 15.0

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1

Fecha de muestreo: 5/01/2021 **Fecha de recepción:** 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11789.00		11797.05		11582.03	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4244.00		4265.05		4020.03	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	2.00		1.97		1.89	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	49.83		46.57		50.00	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	45.36		42.25		45.02	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	4.47		4.32		4.98	
PESO DE CAPSULA (gr)	15.63		13.56		12.02	
PESO DE SUELO SECO (gr)	29.73		28.69		33.00	
HUMEDAD (%)	15.04%		15.06%		15.09%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.74		1.71		1.64	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	43.00	1.09		55.000	1.40		62.000	1.57	
2	2	50.00	1.27		112.000	2.84		120.000	3.05	
3	3	86.00	2.18		127.000	3.23		152.000	3.86	
4	4	88.00	2.24	1.26	130.000	3.30	1.87	155.000	3.94	2.224

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			15.00	33	11.00		12.00	26	8.67		10.50	23	7.67	
0.040			60.32	133	44.33		49.68	110	36.67		22.00	49	16.33	
0.060			80.58	178	59.33		67.69	149	49.67		43.33	96	32.00	
0.080			88.00	194	64.67		84.67	187	62.33		55.00	121	40.33	
0.100		1000	101.25	223	74.33	7.4	92.22	203	67.67	6.77	69.58	153	51.00	5.10
0.200			129.89	286	95.33		116.58	257	85.67		92.50	204	68.00	
0.300			149.89	330	110.00		129.58	286	95.33		108.58	239	79.67	
0.400			159.58	352	117.33		140.60	310	103.33		119.80	264	88.00	
0.500			170.55	376	125.33		146.50	323	107.67		126.35	279	93.00	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

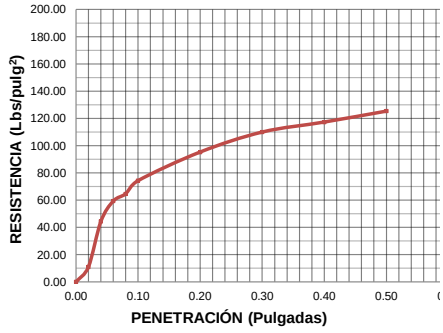
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-1

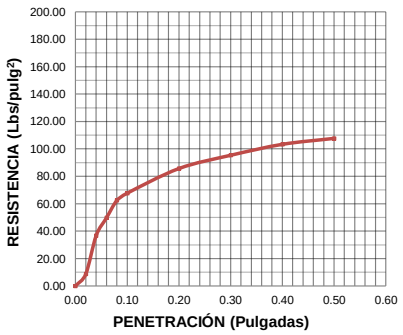
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.74
Humedad óptima (%)	15.01

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	7.43
CBR al 95% de M.D.S. (%)	5.33

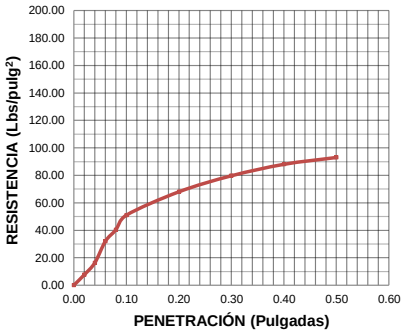
56 GOLPES

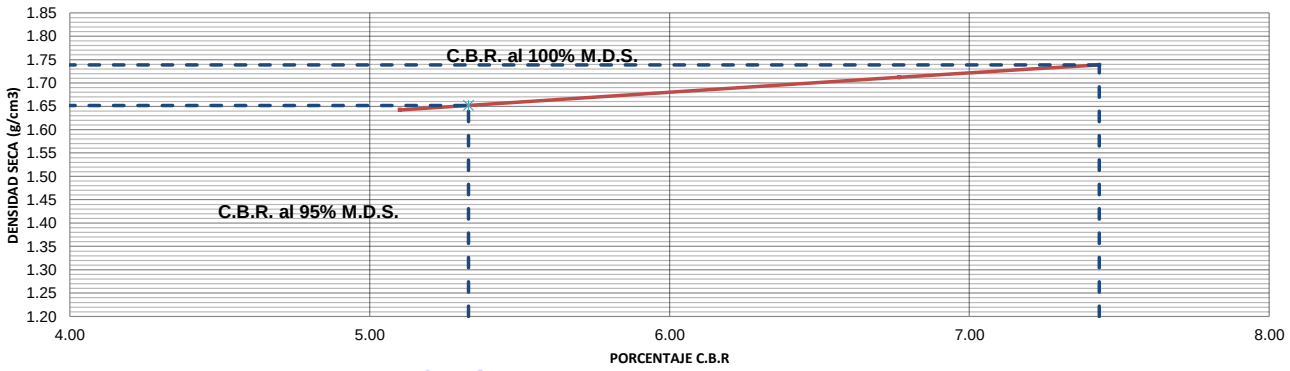


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 02
SUELO NATURAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
COORDENADAS UTM	ESTE 761088.44 — NORTE 9276677.84
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA — **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

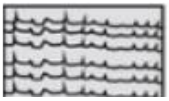
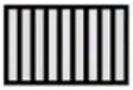
SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

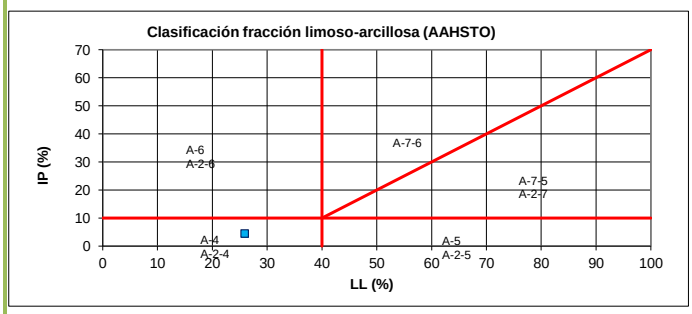
Material: C-02

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.10 / 0.20 / 0.30 / 0.40 / 0.20	S/M	Está conformada por material granular tipo afirmado, proveniente de cantera de cerro.					
0.50 / 0.00 / 0.70 / 2.00 / 0.90 / 1.00 / 1.10 / 1.20 / 1.30 / 1.40 / 1.50	M-2	Estrato clasificado en el sistema"SUCS" Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	SC-SM		13.23%	25.92	21.46
		Clasificación (AASHTO)	A-2-4(0)			IP	4.46

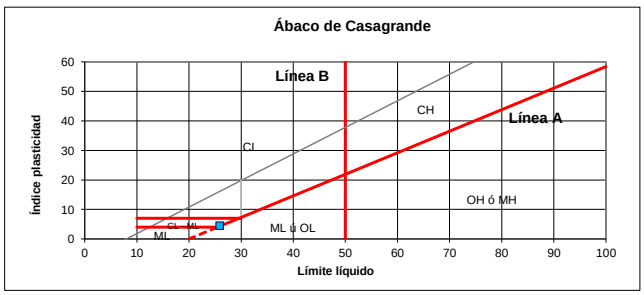
CLASIFICACIÓN SUCS



FOTO



CLASIFICACIÓN AASHTO





FOTOS

ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (NTP 339.127)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

DATOS DE LA MUESTRA

SUELO NATURAL CON 0% DE FIBRA DE VIDRIO

Material: C-02 **Muestra/Calicata:** CA-02

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Descripción	Und.	Ensayos				Promedio
Tara	Nº	T1	T2	T3	T4	
Peso Material Húmedo + Tara (A)	gr.	1409.3	943.2	1100.1	1144.9	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	1258.0	847.0	985.0	1025.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	151.3	96.2	115.1	119.9	
Peso de Tara (C)	gr.	116.0	120.0	114.0	117.0	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	1142.0	727.0	871.0	908.0	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	13.25%	13.23%	13.21%	13.20%	**13.23%**

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 13.23%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA

FECHA DE INFORME: 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0% DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata: CA-02

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Fecha de Recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Tamaño Máximo: Nº 4 **Peso Inicial Seco:** 600 gr.

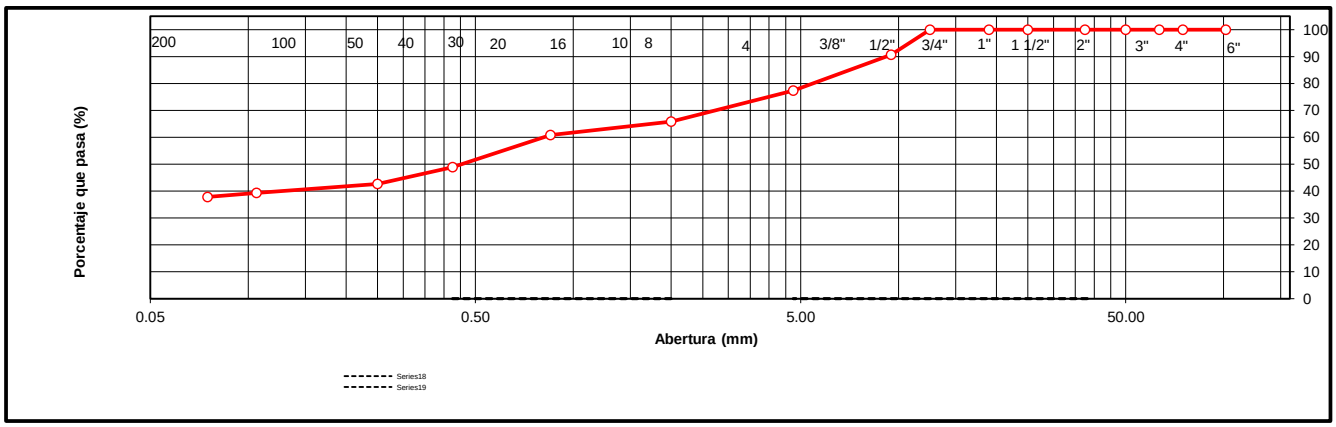
TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	56.00	9.33	9.33	90.67	
Nº 4	4.750	80.00	13.33	22.67	77.33	
Nº 8	2.360	24.00	4.00	26.67	73.33	
Nº 10	2.000	45.00	7.50	34.17	65.83	
Nº 16	1.190	15.00	2.50	36.67	63.33	
Nº 20	0.850	15.00	2.50	39.17	60.83	
Nº 30	0.600	36.00	6.00	45.17	54.83	
Nº 40	0.425	36.00	6.00	51.17	48.83	
Nº 60	0.250	37.00	6.17	57.33	42.67	
Nº 140	0.106	20.00	3.33	60.67	39.33	
Nº 200	0.075	9.00	1.50	62.17	37.83	
< Nº 200	FONDO	227.00	37.83	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

OBSERVACIONES :

Bolonería 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	22.67	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	39.50	%
Finos < Nº 200 :	37.83	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	11.50	%
A. media Nº 10 - Nº 40	17.00	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	11.00	%
CARACTERÍSTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	25.92	%
LP (ASTM D4318-17):	21.46	%
IP (ASTM D4318-17):	4.46	%
Clasificación (SUCS) :	CL	
Descripción (AASHTO)	A-2-4(0)	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: Nº 4

ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

DATOS DE LA MUESTRA

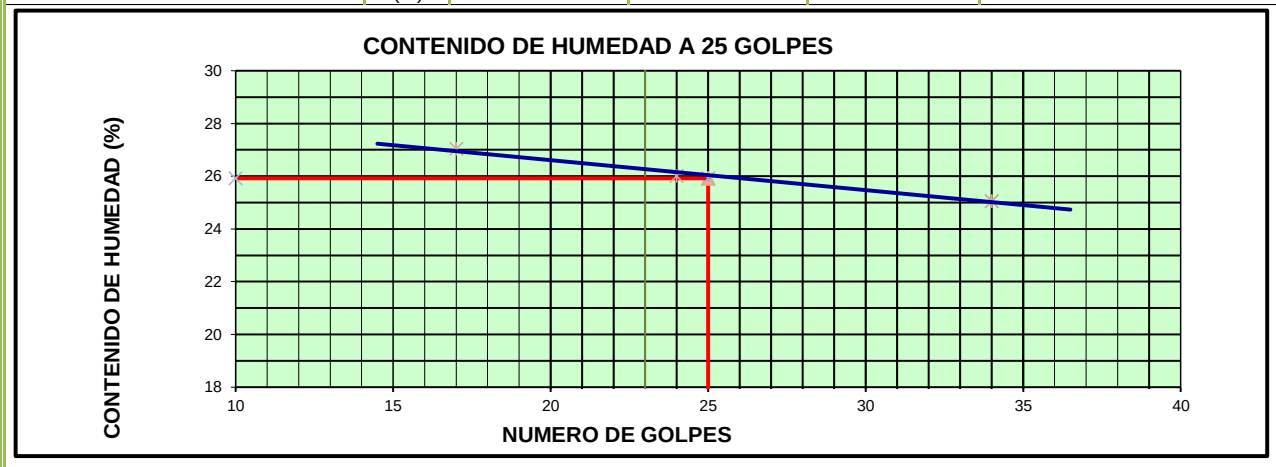
		Muestra/Calicata:	CA-02
Fecha de muestreo:	5/01/2026	**Prof.(m):**	1.50 m

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-1	T-2	T-2	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	24.84	20.43	24.43	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	22.95	18.94	23.17	
PESO DE AGUA	(g)	1.89	1.49	1.26	
PESO DE LA TARA	(g)	15.96	13.21	18.14	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.99	5.73	5.03	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	**27.04**	**26.00**	**25.05**	
NÚMERO DE GOLPES		**17**	**24**	**34**	

LÍMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T- 4	T-5		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	18.54	18.76		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	18.42	18.70		
PESO DE AGUA	(g)	0.12	0.06		
PESO DE LA TARA	(g)	17.88	18.41		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	0.54	0.29		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	**22.22**	**20.69**		



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	25.92
LÍMITE PLÁSTICO	%	21.46
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	4.46

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02 **Muestra/Calicata:** CA-02

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

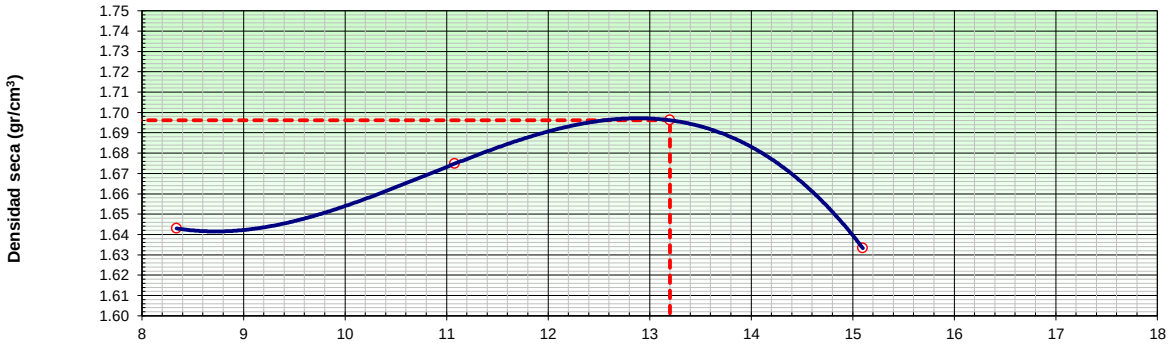
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5603	5677	5732	5695	
Peso neto del suelo húmedo	g	1640	1714	1769	1732	
Peso volumétrico húmedo	g	1.78	1.86	1.92	1.88	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	59.79	64.40	50.60	53.59	
Peso del suelo seco + tara	g	56.20	60.00	46.69	48.54	
Peso de Tara	g	13.15	20.25	17.08	15.09	
Peso de agua	g	3.59	4.40	3.91	5.05	
Peso del suelo seco	g	43.05	39.75	29.61	33.45	
Contenido de Humedad	%	8.34	11.08	13.20	15.10	
Peso volumétrico seco	g/cm3	1.64	1.67	1.70	1.63	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.70

Óptimo Contenido de Humedad (%): 13.2

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11619.24		11580.55		11348.06	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4074.24		4048.55		3786.06	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.92		1.87		1.78	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	46.19		68.90		65.25	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	42.35		63.25		59.66	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	3.84		5.65		5.59	
PESO DE CAPSULA (gr)	13.25		20.58		17.58	
PESO DE SUELO SECO (gr)	29.10		42.67		42.08	
HUMEDAD (%)	13.20%		13.24%		13.28%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.70		1.65		1.57	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	20.00	0.51		27.000	0.69		30.000	0.76	
2	2	27.00	0.69		35.000	0.89		48.000	1.22	
3	3	31.00	0.79		42.000	1.07		55.000	1.40	
4	4	33.00	0.84	0.47	45.000	1.14	0.65	57.000	1.45	0.818

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			25.00	55	18.33		20.35	45	15.00		8.91	20	6.67	
0.040			46.58	103	34.33		36.00	79	26.33		24.39	54	18.00	
0.060			69.74	154	51.33		63.88	141	47.00		37.94	84	28.00	
0.080			88.35	195	65.00		83.88	185	61.67		48.69	107	35.67	
0.100		1000	105.88	233	77.67	7.8	96.00	212	70.67	7.07	62.10	137	45.67	4.57
0.200			146.88	324	108.00		134.29	296	98.67		93.64	206	68.67	
0.300			177.35	391	130.33		167.29	369	123.00		115.28	254	84.67	
0.400			199.50	440	146.67		188.65	416	138.67		136.94	302	100.67	
0.500			223.60	493	164.33		205.36	453	151.00		154.69	341	113.67	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

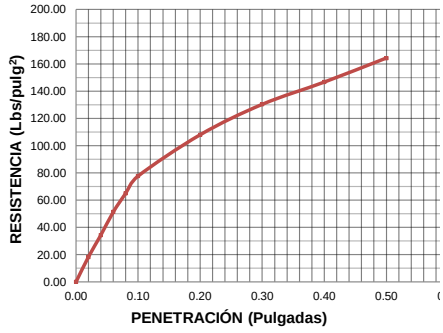
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

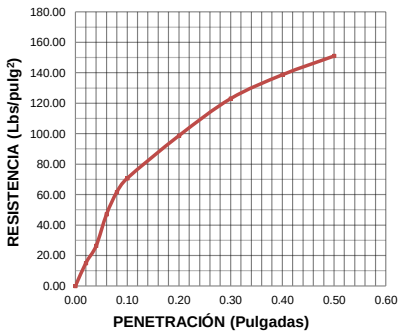
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.70
Humedad óptima (%)	13.20

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	7.77
CBR al 95% de M.D.S. (%)	5.59

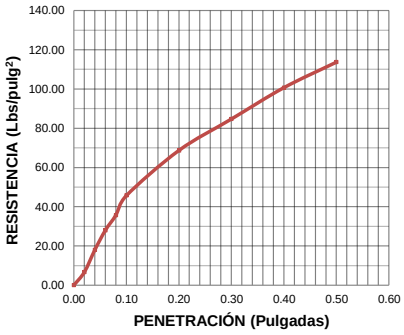
56 GOLPES

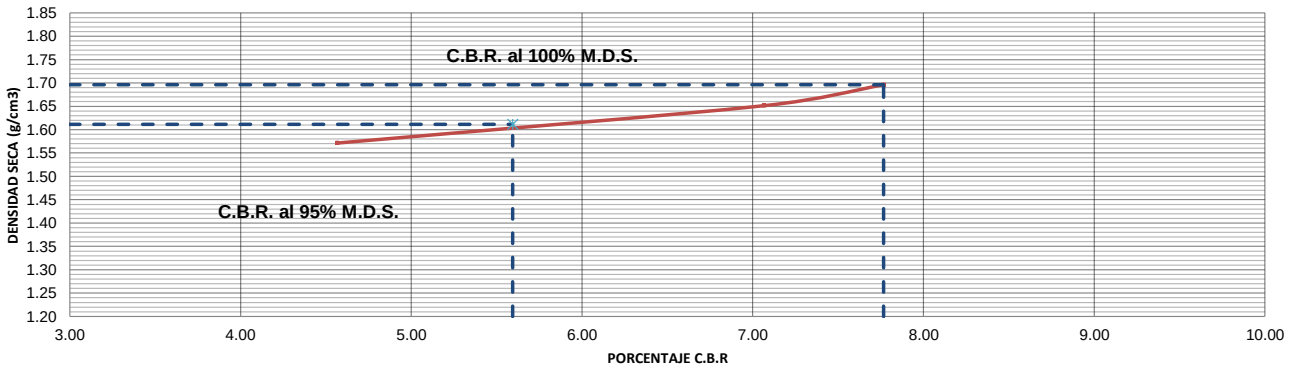


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 02
NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02 **Muestra/Calicata:** CA-02

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

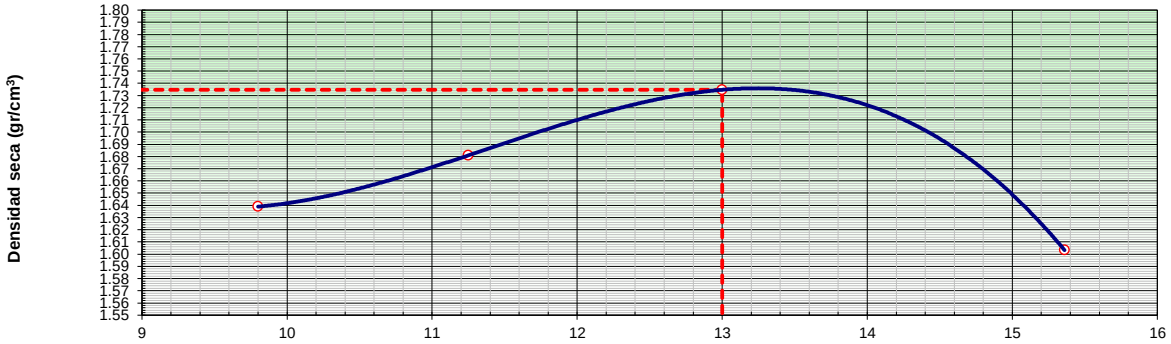
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5621	5686	5769	5667	
Peso neto del suelo húmedo	g	1658	1723	1806	1704	
Peso volumétrico húmedo	g	1.80	1.87	1.96	1.85	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	52.11	45.88	51.21	57.93	
Peso del suelo seco + tara	g	48.56	42.58	46.96	52.39	
Peso de Tara	g	12.36	13.25	14.25	16.35	
Peso de agua	g	3.55	3.30	4.25	5.54	
Peso del suelo seco	g	36.20	29.33	32.71	36.04	
Contenido de Humedad	%	9.80	11.25	13.00	15.36	
Peso volumétrico seco	g/cm3	1.64	1.68	1.73	1.60	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.73

Óptimo Contenido de Humedad (%): 13.0

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11704.12		11623.85		11454.41	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4159.12		4091.85		3892.41	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.96		1.89		1.83	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	57.41		52.75		43.46	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	53.26		48.69		40.00	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	4.15		4.06		3.46	
PESO DE CAPSULA (gr)	21.35		17.58		13.56	
PESO DE SUELO SECO (gr)	31.91		31.11		26.44	
HUMEDAD (%)	13.01%		13.05%		13.09%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.73		1.67		1.62	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	17.00	0.43		22.000	0.56		25.000	0.64	
2	2	24.00	0.61		26.000	0.66		40.000	1.02	
3	3	29.00	0.74		40.000	1.02		52.000	1.32	
4	4	30.00	0.76	0.43	43.000	1.09	0.62	54.000	1.37	0.775

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			33.25	73	24.33		26.37	58	19.33		13.25	29	9.67	
0.040			56.35	124	41.33		44.63	98	32.67		32.58	72	24.00	
0.060			72.58	160	53.33		63.21	139	46.33		46.88	103	34.33	
0.080			95.60	211	70.33		85.58	189	63.00		61.25	135	45.00	
0.100		1000	115.05	254	84.67	8.5	96.50	213	71.00	7.10	75.00	165	55.00	5.50
0.200			152.50	336	112.00		131.91	291	97.00		105.60	233	77.67	
0.300			179.25	395	131.67		156.28	345	115.00		123.55	272	90.67	
0.400			210.88	465	155.00		181.28	400	133.33		142.50	314	104.67	
0.500			235.63	519	173.00		205.63	453	151.00		164.44	363	121.00	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

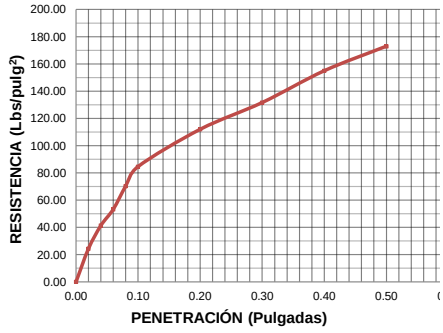
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

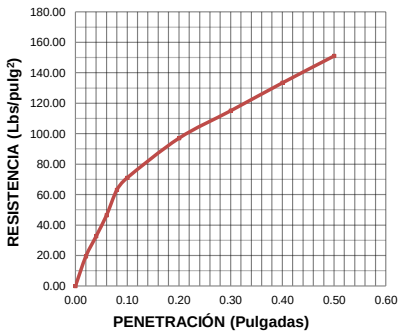
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.73
Humedad óptima (%)	13.00

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	8.47
CBR al 95% de M.D.S. (%)	6.25

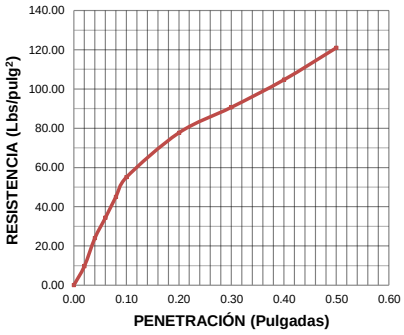
56 GOLPES

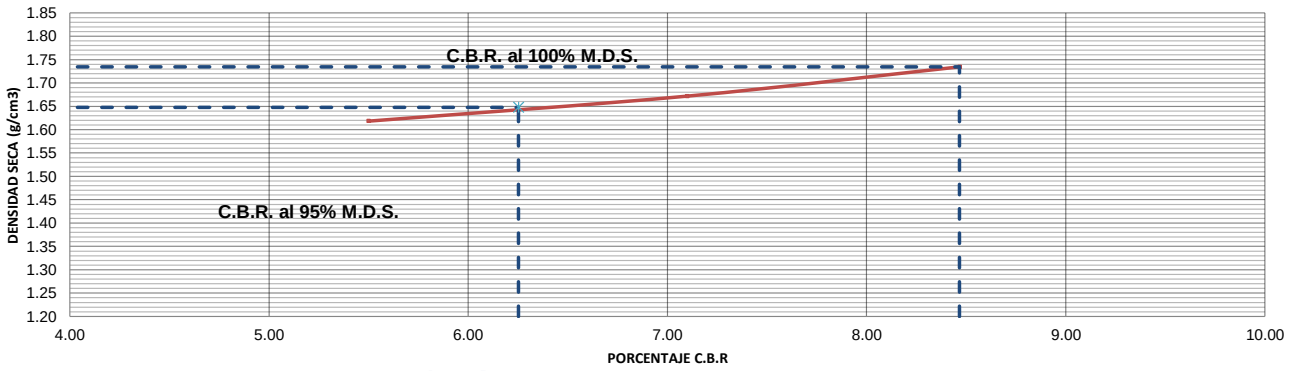


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 02
SUELO NATURAL CON 1 % DE FIBRA DE VIDRIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02 **Muestra/Calicata:** CA-02

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

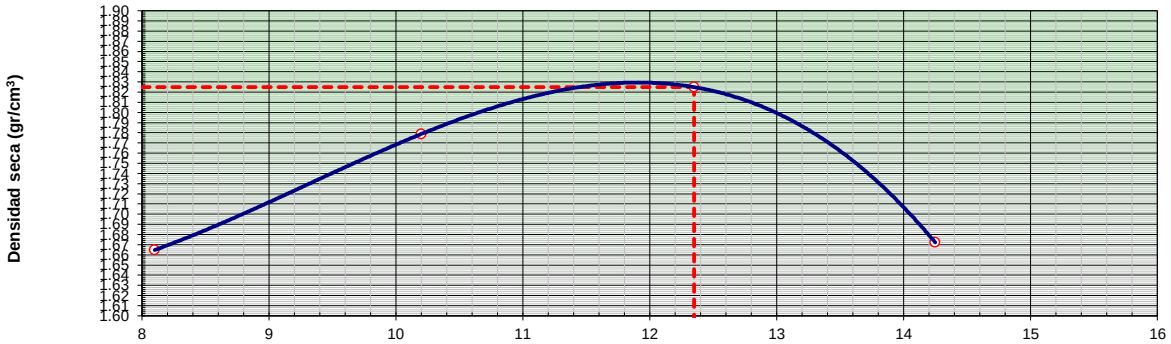
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963
Vol. Mold. (cm3): 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5621	5769	5852	5723	
Peso neto del suelo húmedo	g	1658	1806	1889	1760	
Peso volumétrico húmedo	g	1.80	1.96	2.05	1.91	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	50.73	55.54	50.65	49.78	
Peso del suelo seco + tara	g	48.00	52.00	46.80	45.25	
Peso de Tara	g	14.25	17.25	15.63	13.47	
Peso de agua	g	2.73	3.54	3.85	4.53	
Peso del suelo seco	g	33.75	34.75	31.17	31.78	
Contenido de Humedad	%	8.10	10.20	12.35	14.25	
Peso volumétrico seco	g/cm3	1.66	1.78	1.82	1.67	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.82

Óptimo Contenido de Humedad (%): 12.4

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11895.10		11797.05		11582.03	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4350.10		4265.05		4020.03	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	2.05		1.97		1.89	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	50.40		57.67		53.99	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	46.22		53.25		49.85	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	4.18		4.42		4.14	
PESO DE CAPSULA (gr)	12.35		17.58		16.58	
PESO DE SUELO SECO (gr)	33.87		35.67		33.27	
HUMEDAD (%)	12.34%		12.39%		12.44%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.82		1.75		1.68	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	5.00	0.13		8.000	0.20		17.000	0.43	
2	2	8.00	0.20		12.000	0.30		25.000	0.64	
3	3	12.00	0.30		14.000	0.36		36.000	0.91	
4	4	12.00	0.30	0.17	15.000	0.38	0.22	38.000	0.97	0.545

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			55.00	121	40.33		35.00	77	25.67		19.25	42	14.00	
0.040			78.40	173	57.67		55.84	123	41.00		36.54	81	27.00	
0.060			111.66	246	82.00		76.88	169	56.33		55.40	122	40.67	
0.080			128.22	283	94.33		100.36	221	73.67		78.65	173	57.67	
0.100		1000	140.00	309	103.00	10.3	120.36	265	88.33	8.83	101.25	223	74.33	7.43
0.200			205.30	453	151.00		168.35	371	123.67		139.58	308	102.67	
0.300			238.71	526	175.33		199.63	440	146.67		163.50	360	120.00	
0.400			263.71	581	193.67		227.54	502	167.33		175.68	387	129.00	
0.500			279.36	616	205.33		238.34	525	175.00		180.96	399	133.00	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA | **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

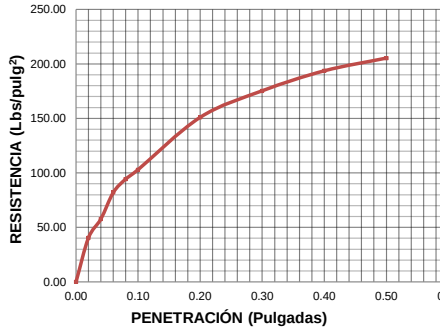
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

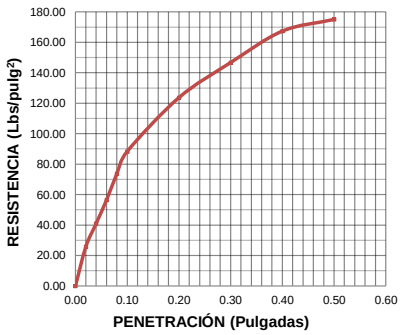
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.82
Humedad óptima (%)	12.35

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	10.30
CBR al 95% de M.D.S. (%)	8.48

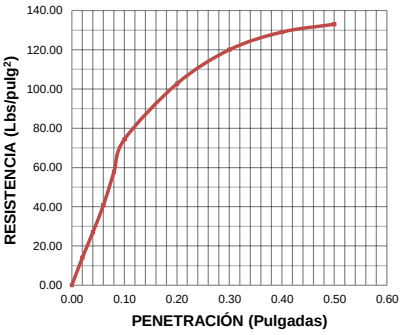
56 GOLPES

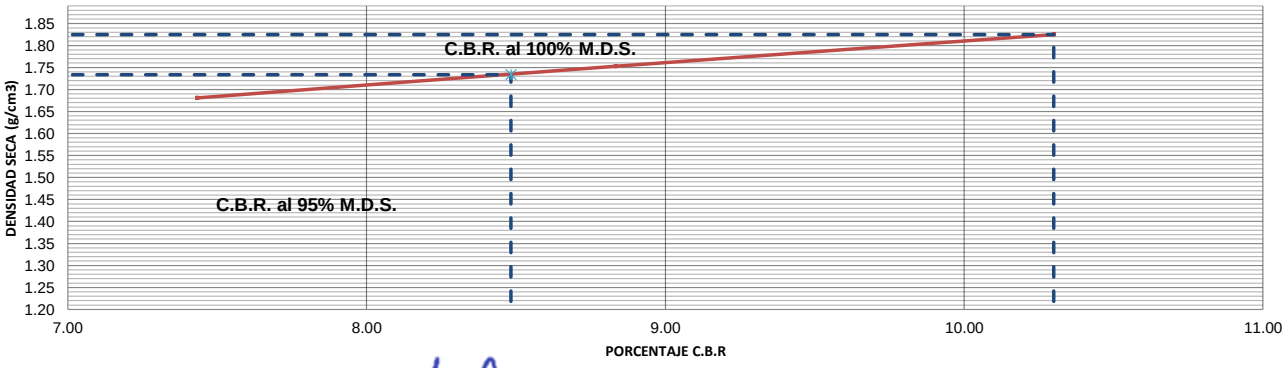


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 02
SUELO NATURAL CON 1.5% DE FIBRA DE VIDRIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02 **Muestra/Calicata:** CA-02

Fecha de Muestreo: 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

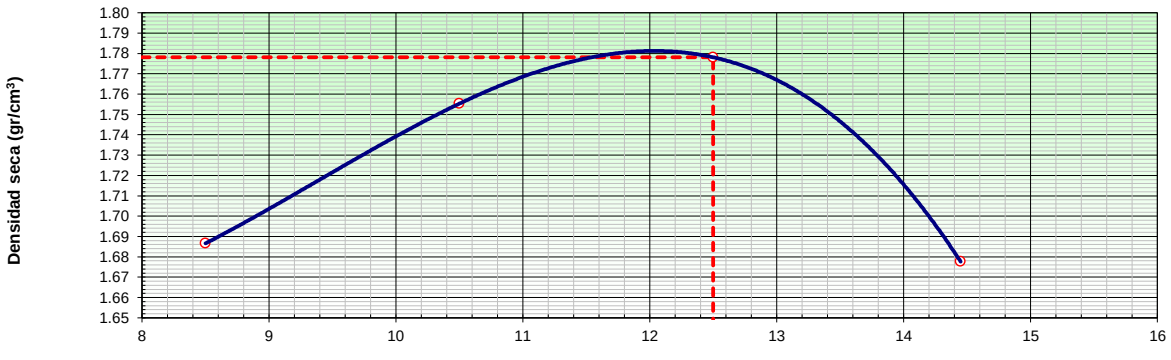
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5649	5750	5806	5732	
Peso neto del suelo húmedo	g	1686	1787	1843	1769	
Peso volumétrico húmedo	g	1.83	1.94	2.00	1.92	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	55.16	49.84	53.27	51.35	
Peso del suelo seco + tara	g	52.22	46.39	48.97	46.77	
Peso de Tara	g	17.58	13.56	14.56	15.07	
Peso de agua	g	2.94	3.45	4.30	4.58	
Peso del suelo seco	g	34.64	32.83	34.41	31.70	
Contenido de Humedad	%	8.50	10.50	12.50	14.45	
Peso volumétrico seco	g/cm3	1.69	1.76	1.78	1.68	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.78

Óptimo Contenido de Humedad (%): 12.5

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

Fecha de muestreo: 5/01/2021 **Fecha de recepción:** 5/01/2021 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11534.36		11515.60		11348.06	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	3989.36		3983.60		3786.06	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.88		1.84		1.78	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	69.24		77.95		77.39	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	63.36		71.21		70.49	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	5.88		6.74		6.90	
PESO DE CAPSULA (gr)	16.35		17.35		15.54	
PESO DE SUELO SECO (gr)	47.01		53.86		54.95	
HUMEDAD (%)	12.51%		12.51%		12.56%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.67		1.64		1.58	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0	0.00	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
1	1	4.00	0.10		6.000	0.15		12.000	0.30	
2	2	8.00	0.20		9.000	0.23		15.000	0.38	
3	3	10.00	0.25		12.000	0.30		25.000	0.64	
4	4	10.00	0.25	0.14	12.000	0.30	0.17	27.000	0.69	0.387

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			46.89	103	34.33		30.00	66	22.00		18.37	40	13.33	
0.040			72.31	159	53.00		46.80	103	34.33		36.50	80	26.67	
0.060			96.37	212	70.67		77.88	172	57.33		67.54	149	49.67	
0.080			113.69	251	83.67		96.80	213	71.00		88.35	195	65.00	
0.100		1000	130.00	287	95.67	9.6	114.00	251	83.67	8.37	97.35	215	71.67	7.17
0.200			161.00	355	118.33		145.60	321	107.00		128.50	283	94.33	
0.300			186.00	410	136.67		168.50	371	123.67		143.33	316	105.33	
0.400			209.89	463	154.33		189.80	418	139.33		158.40	349	116.33	
0.500			247.00	545	181.67		210.50	464	154.67		169.80	374	124.67	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

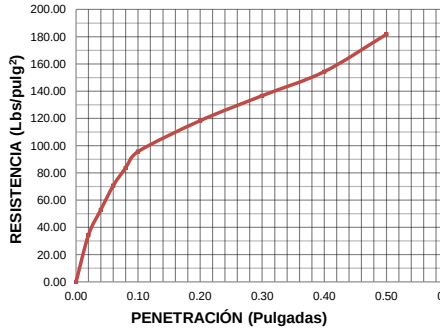
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-02

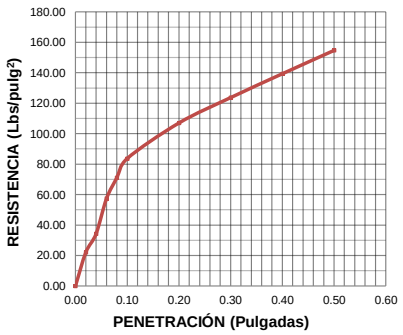
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.78
Humedad óptima (%)	12.50

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	9.57
CBR al 95% de M.D.S. (%)	7.33

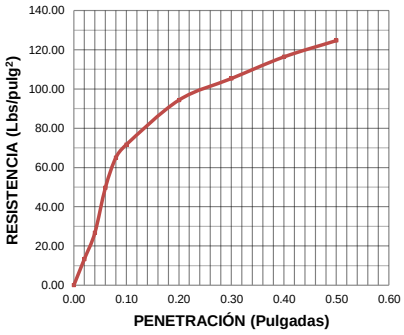
56 GOLPES

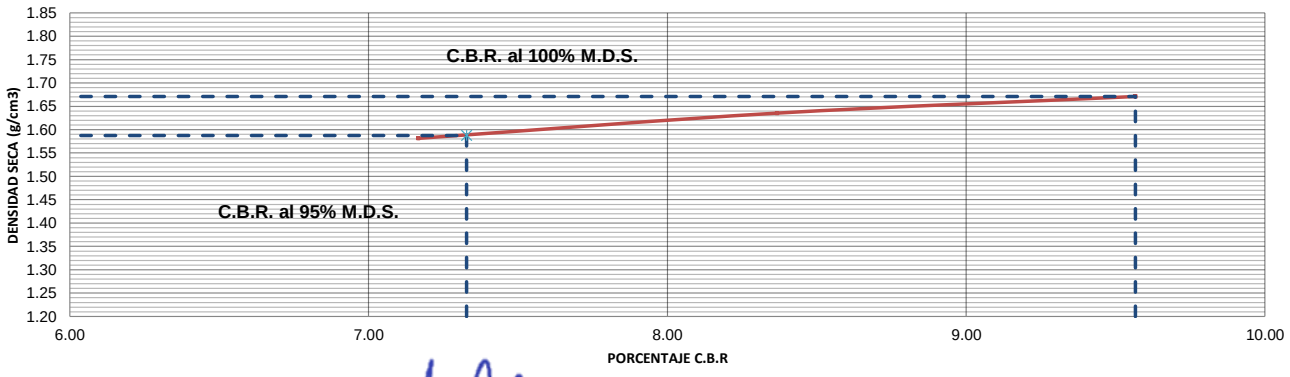


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 03
SUELO NATURAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
COORDENADAS UTM	ESTE 760460.5 — NORTE 9277047.94
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA — **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

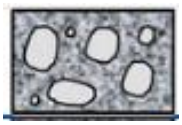
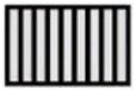
SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

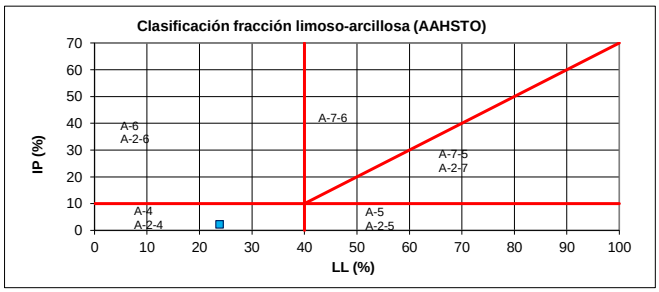
Material: C-03

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

NIVEL FREÁTICO : NO SE ENCONTRÓ

Profundidad (m)	Muestra	DESCRIPCIÓN	CLASIFICACIÓN		Contenido de humedad	Límites de consistencia	
			Símbolo	Símbolo gráfico		L.L (%)	L.P (%)
0.10 / 0.20 / 0.30 / 0.40 — 0.40	S/M	Está conformada por material granular tipo afirmado, proveniente de cantera de cerro.					
0.50 / 0.00 / 0.70 / 2.00 / 0.90 / 1.00 / 1.10 / 1.20 / 1.30 / 1.40 — 1.50	M-2	Estrato clasificado en el sistema"SUCS" Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	SM		10.21%	23.85	21.68
		Clasificación (AASHTO)	A-2-6(3)			IP	2.17

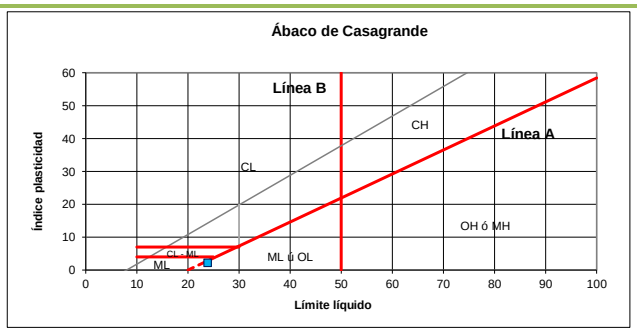
CLASIFICACIÓN SUCS



FOTO



CLASIFICACIÓN AASHTO





FOTOS

ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS (NTP 339.127)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

DATOS DE LA MUESTRA

SUELO NATURAL CON 0% DE FIBRA DE VIDRIO

Material: C-03 **Muestra/Calicata:** CA-03

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Descripción	Und.	Ensayos				Promedio
Tara	Nº	T1	T2	T3	T4	
Peso Material Húmedo + Tara (A)	gr.	1154.8	1696.1	1084.7	1378.9	
Peso Material Seco + Tara (B)	gr.	1050.0	1542.0	987.0	1254.0	
Peso de Agua (A-B)	gr.	104.8	154.1	97.7	124.9	
Peso de Tara (C)	gr.	27.6	28.6	29.6	30.6	
Peso Neto de Material Seco (B -C)	gr.	1022.4	1513.4	957.4	1223.4	
Porcentaje de Humedad (A-B)/(B-C)*100	%	10.25%	10.18%	10.20%	10.21%	**10.21%**

OBSERVACIONES :

Porcentaje de Humedad: 10.21%

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA | **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0% DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra/Calicata: CA-03

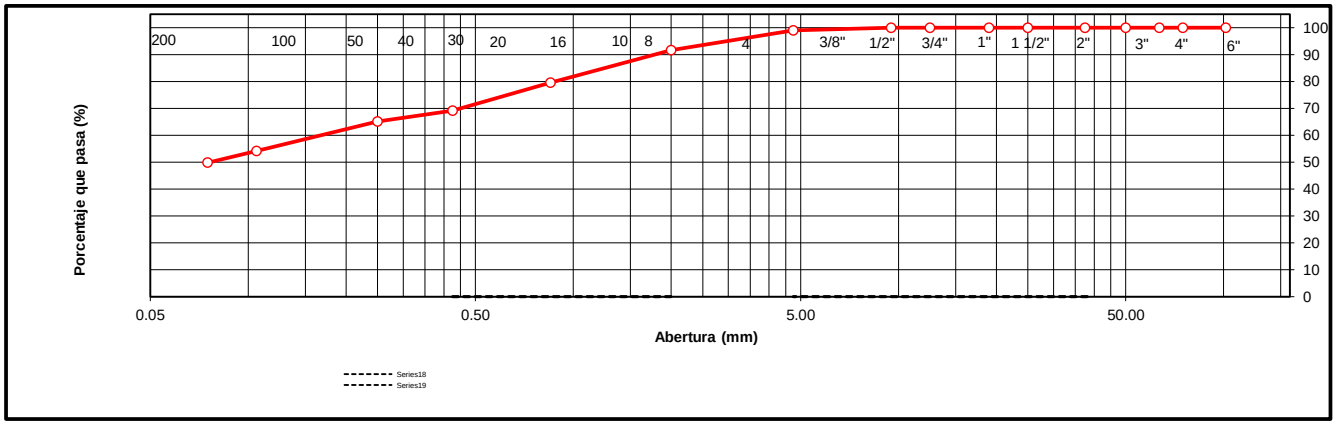
Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Fecha de Recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Tamaño Máximo: 3/8" **Peso Inicial Seco:** 500 gr.

TAMIZ A.S.T.M	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN Tipo:
4"	101.600	0	0.00	0.00	100.00	
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
Nº 4	4.750	5.00	1.00	1.00	99.00	
Nº 8	2.360	20.00	4.00	5.00	95.00	
Nº 10	2.000	17.00	3.40	8.40	91.60	
Nº 16	1.190	33.00	6.60	15.00	85.00	
Nº 20	0.850	27.00	5.40	20.40	79.60	
Nº 30	0.600	25.00	5.00	25.40	74.60	
Nº 40	0.425	27.00	5.40	30.80	69.20	
Nº 60	0.250	20.00	4.00	34.80	65.20	
Nº 140	0.106	55.00	11.00	45.80	54.20	
Nº 200	0.075	22.00	4.40	50.20	49.80	
< Nº 200	FONDO	249.00	49.80	100.00	0.00	

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
OBSERVACIONES :		
Bolonería 4" - 3" :	0.00	%
Grava 3" - Nº 4 :	1.00	%
Arena Nº4 - Nº 200 :	49.20	%
Finos < Nº 200 :	49.80	%
A. gruesa Nº 4 - Nº 10 :	7.40	%
A. media Nº 10 - Nº 40	22.40	%
A. fina Nº 40 - Nº 200	19.40	%
CARACTERÍSTICAS:		
LL (ASTM D4318-17):	23.85	%
LP (ASTM D4318-17):	21.68	%
IP (ASTM D4318-17):	2.17	%
Clasificación (SUCS) :	CL	
Descripción (AASHTO)	A-2-6(3)	

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Tamaño Máximo de partículas: 3/8"

ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LÍMITES DE ATTERBERG (NTP 339.129)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

DATOS DE LA MUESTRA

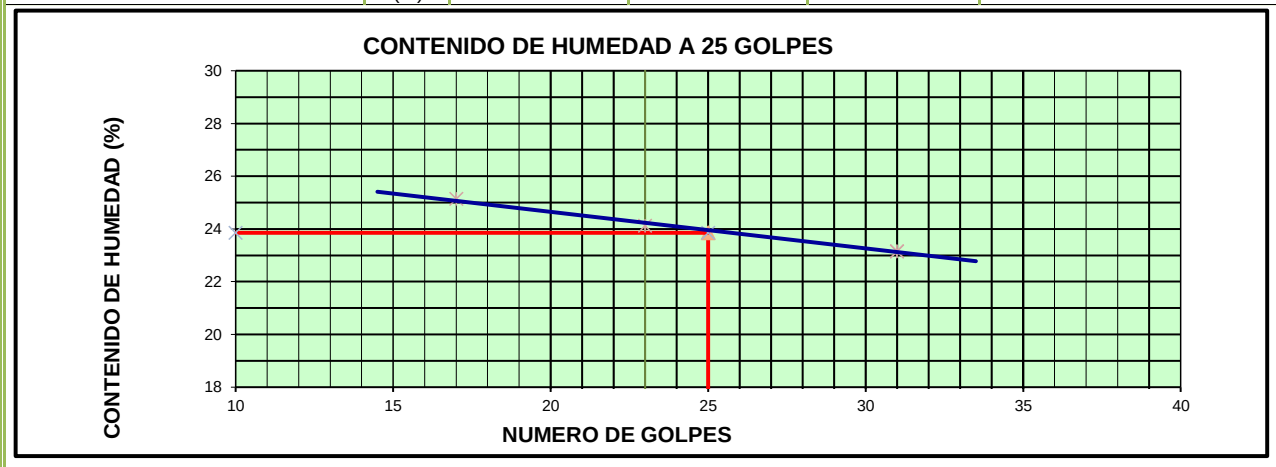
		Muestra/Calicata:	CA-03
Fecha de muestreo:	5/01/2026	**Prof.(m):**	1.50 m

LÍMITE LÍQUIDO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-706	T-709	T-704	
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	30.69	28.25	30.85	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	28.36	26.42	28.69	
PESO DE AGUA	(g)	2.33	1.83	2.16	
PESO DE LA TARA	(g)	19.09	18.83	19.36	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	9.27	7.59	9.33	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	**25.13**	**24.11**	**23.15**	
NÚMERO DE GOLPES		**17**	**23**	**31**	

LÍMITE PLÁSTICO

Descripción	Und	Ensayos			Observaciones
Nº TARRO		T-11	T-21		
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO	(g)	20.37	20.59		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	19.30	19.21		
PESO DE AGUA	(g)	1.07	1.38		
PESO DE LA TARA	(g)	14.36	12.85		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	4.94	6.36		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	**21.66**	**21.70**		



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		
LÍMITE LÍQUIDO	%	23.85
LÍMITE PLÁSTICO	%	21.68
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	%	2.17

OBSERVACIONES:

La condición de secado de la muestra fue en Horno a 110C° +- 5C°

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03 **Muestra/Calicata:** CA-03

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

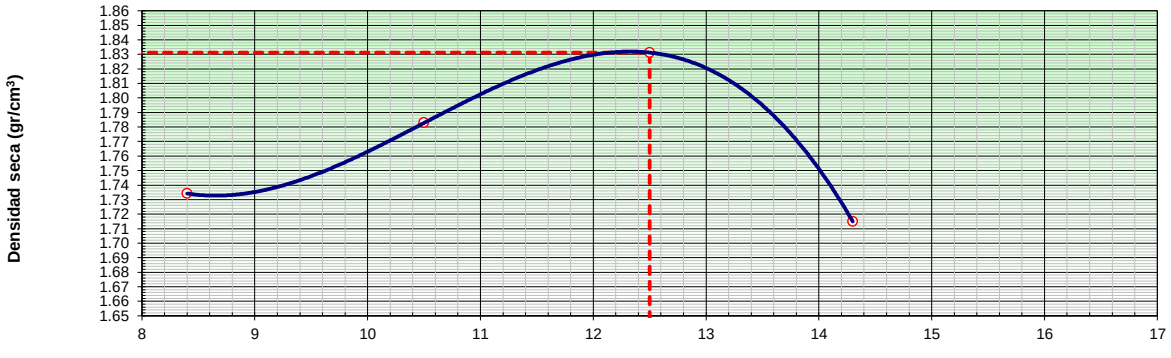
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5695	5778	5861	5769	
Peso neto del suelo húmedo	g	1732	1815	1898	1806	
Peso volumétrico húmedo	g	1.88	1.97	2.06	1.96	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	47.29	49.60	52.89	48.63	
Peso del suelo seco + tara	g	45.36	46.25	48.75	44.33	
Peso de Tara	g	22.35	14.36	15.63	14.25	
Peso de agua	g	1.93	3.35	4.14	4.30	
Peso del suelo seco	g	23.01	31.89	33.12	30.08	
Contenido de Humedad	%	8.40	10.50	12.50	14.30	
Peso volumétrico seco	gr/cm3	1.73	1.78	1.83	1.71	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.83

Óptimo Contenido de Humedad (%): 12.5

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11576.80		11493.95		11369.33	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4031.80		3961.95		3807.33	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.90		1.83		1.79	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	42.87		47.00		51.17	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	39.58		43.58		46.89	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	3.29		3.42		4.28	
PESO DE CAPSULA (gr)	13.25		16.27		12.78	
PESO DE SUELO SECO (gr)	26.33		27.31		34.11	
HUMEDAD (%)	12.50%		12.52%		12.55%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.69		1.63		1.59	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0									
1	1									
2	2	NP			NP			NP		
3	3									
4	4									

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/$pulg^2$)	Lectura	Lbs	lbs/$pulg^2$	%	Lectura	Lbs	lbs/$pulg^2$	%	Lectura	Lbs	lbs/$pulg^2$	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			34.26	76	25.33		21.97	48	16.00		8.79	19	6.33	
0.040			60.32	133	44.33		36.94	81	27.00		25.68	57	19.00	
0.060			86.94	192	64.00		63.58	140	46.67		55.68	123	41.00	
0.080			118.64	262	87.33		85.96	190	63.33		79.54	175	58.33	
0.100		1000	135.00	298	99.33	9.9	105.00	231	77.00	7.70	90.20	199	66.33	6.63
0.200			173.39	382	127.33		142.25	314	104.67		120.35	265	88.33	
0.300			199.67	440	146.67		163.24	360	120.00		139.24	307	102.33	
0.400			219.37	484	161.33		186.58	411	137.00		153.25	338	112.67	
0.500			236.94	522	174.00		205.64	453	151.00		163.54	361	120.33	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

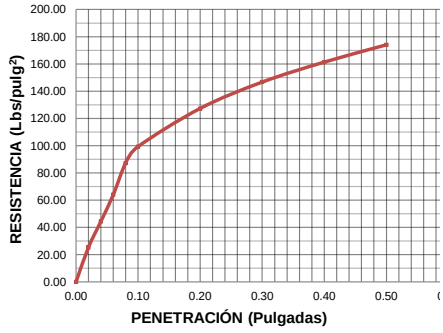
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

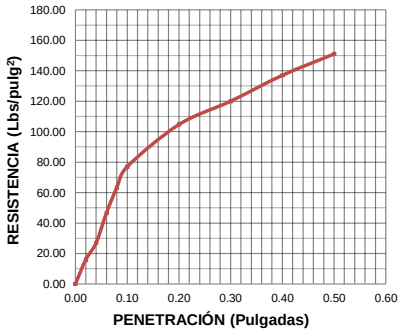
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.83
Humedad óptima (%)	12.50

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	9.93
CBR al 95% de M.D.S. (%)	7.10

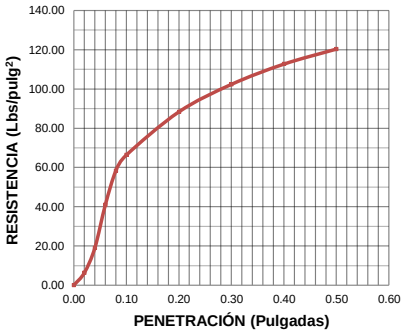
56 GOLPES

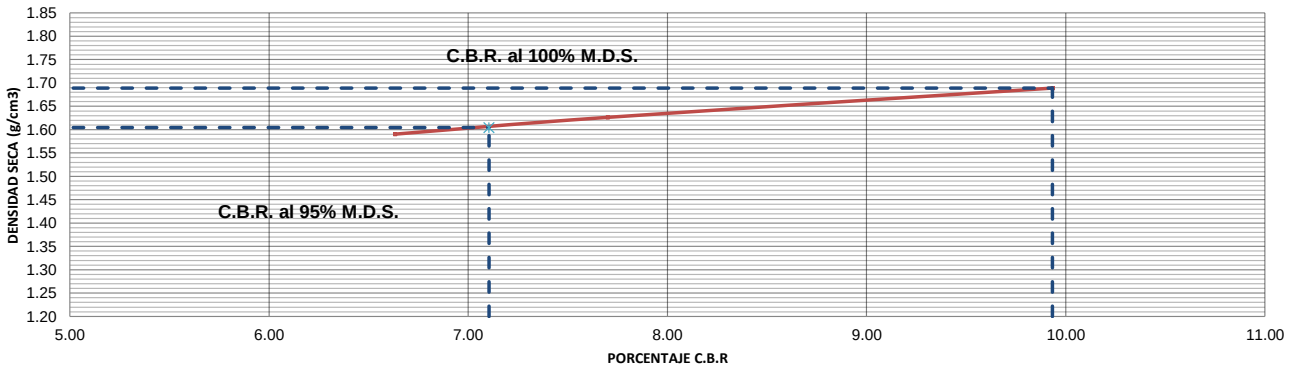


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 03
SUELO NATURAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03 **Muestra/Calicata:** CA-03

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

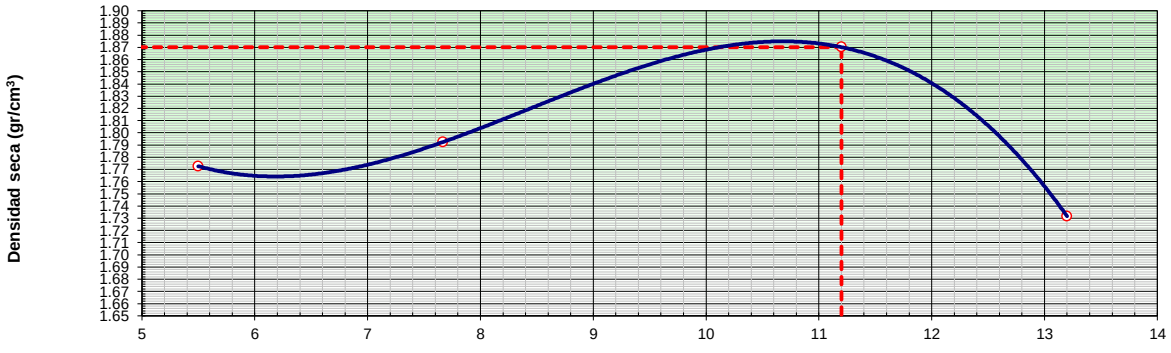
Tipo de pisón: Manual
Peso del Molde (gr): 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5686	5741	5879	5769	
Peso neto del suelo húmedo	g	1723	1778	1916	1806	
Peso volumétrico húmedo	g	1.87	1.93	2.08	1.96	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	59.74	64.74	63.15	68.48	
Peso del suelo seco + tara	g	57.32	61.23	58.31	62.40	
Peso de Tara	g	13.25	15.46	15.07	16.36	
Peso de agua	g	2.42	3.51	4.84	6.08	
Peso del suelo seco	g	44.07	45.77	43.24	46.04	
Contenido de Humedad	%	5.50	7.67	11.20	13.20	
Peso volumétrico seco	gr/cm3	1.77	1.79	1.87	1.73	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.87

Óptimo Contenido de Humedad (%): 11.2

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO
Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11534.36		11493.95		11305.52	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	3989.36		3961.95		3743.52	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.88		1.83		1.76	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	46.52		50.20		45.38	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	43.25		46.58		42.22	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	3.27		3.62		3.16	
PESO DE CAPSULA (gr)	14.07		14.36		14.21	
PESO DE SUELO SECO (gr)	29.18		32.22		28.01	
HUMEDAD (%)	11.21%		11.24%		11.28%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.69		1.65		1.58	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0									
1	1									
2	2	NP			NP			NP		
3	3									
4	4									

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			45.25	100	33.33		27.35	60	20.00		14.35	32	10.67	
0.040			75.36	166	55.33		56.31	124	41.33		28.36	63	21.00	
0.060			99.36	219	73.00		81.34	179	59.67		62.54	138	46.00	
0.080			127.31	281	93.67		109.55	242	80.67		84.35	186	62.00	
0.100		1000	145.00	320	106.67	10.7	120.50	266	88.67	8.87	105.50	233	77.67	7.77
0.200			185.36	409	136.33		155.63	343	114.33		138.55	305	101.67	
0.300			208.99	461	153.67		179.59	396	132.00		158.63	350	116.67	
0.400			230.00	507	169.00		204.37	451	150.33		173.25	382	127.33	
0.500			256.21	565	188.33		230.10	507	169.00		183.63	405	135.00	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 0.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

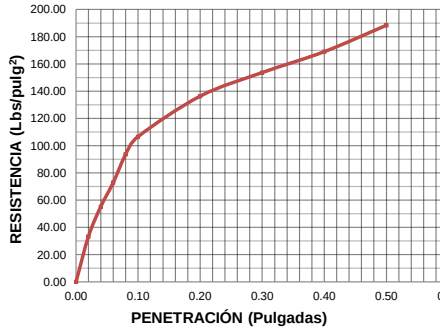
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

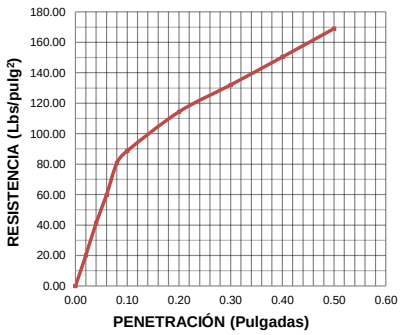
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.87
Humedad óptima (%)	11.20

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	10.67
CBR al 95% de M.D.S. (%)	8.42

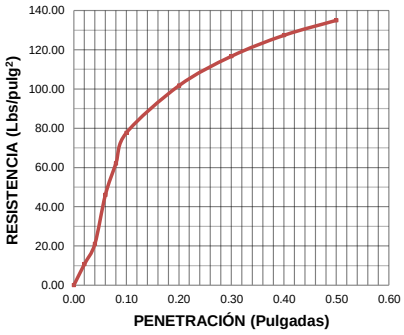
56 GOLPES

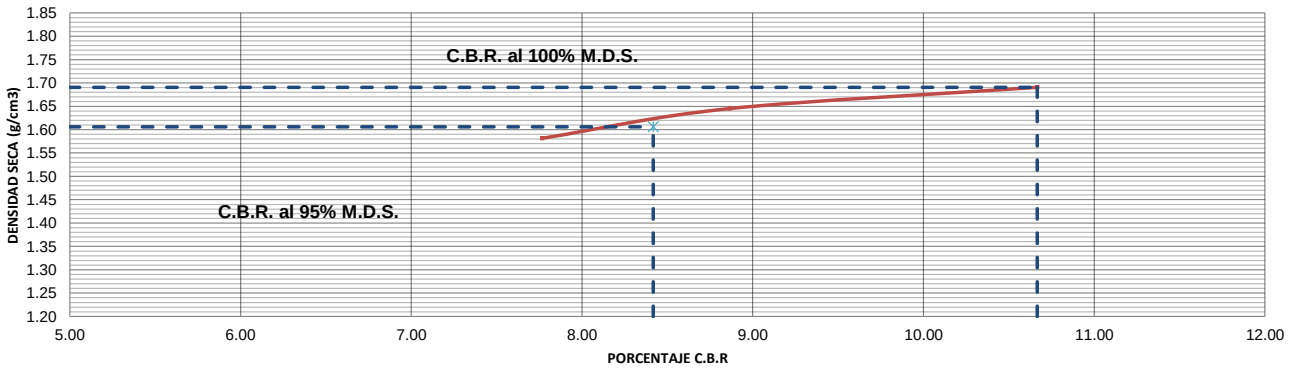


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 03
SUELO NATURAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03 **Muestra/Calicata:** CA-03

Fecha de Muestreo: 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

Método DE COMPACTACIÓN: A **Peso de Martillo (gr):** 4536.4

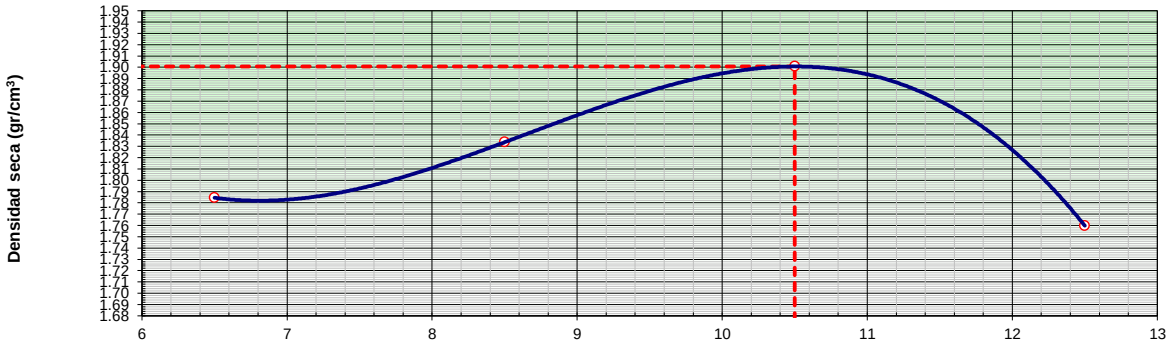
Tipo de pisón: Manual **Peso del Molde (gr):** 3963 **Vol. Mold. (cm3):** 921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5714	5796	5898	5787	
Peso neto del suelo húmedo	g	1751	1833	1935	1824	
Peso volumétrico húmedo	g	1.90	1.99	2.10	1.98	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	52.77	51.54	51.10	56.77	
Peso del suelo seco + tara	g	50.36	48.63	47.77	52.35	
Peso de Tara	g	13.25	14.36	16.02	17.01	
Peso de agua	g	2.41	2.91	3.33	4.42	
Peso del suelo seco	g	37.11	34.27	31.75	35.34	
Contenido de Humedad	%	6.50	8.50	10.50	12.50	
Peso volumétrico seco	gr/cm3	1.78	1.83	1.90	1.76	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.90

Óptimo Contenido de Humedad (%): 10.5

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	12001.20		11862.00		11709.65	
PESO DEL MOLDE (gr)	7545.00		7532.00		7562.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4456.20		4330.00		4147.65	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	2.10		2.00		1.95	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	44.93		48.81		42.92	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	42.00		45.60		40.25	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	2.93		3.21		2.67	
PESO DE CAPSULA (gr)	14.08		15.08		15.16	
PESO DE SUELO SECO (gr)	27.92		30.52		25.09	
HUMEDAD (%)	10.49%		10.52%		10.64%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.90		1.81		1.76	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0									
1	1									
2	2	NP			NP			NP		
3	3									
4	4									

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			56.35	124	41.33		35.69	79	26.33		19.36	43	14.33	
0.040			85.63	189	63.00		65.25	144	48.00		45.63	101	33.67	
0.060			130.20	287	95.67		106.80	235	78.33		85.63	189	63.00	
0.080			150.00	331	110.33		129.50	285	95.00		103.99	229	76.33	
0.100		1000	180.00	397	132.33	13.2	156.00	344	114.67	11.47	128.60	284	94.67	9.47
0.200			221.00	487	162.33		192.35	424	141.33		166.21	366	122.00	
0.300			260.35	574	191.33		218.60	482	160.67		184.58	407	135.67	
0.400			285.54	630	210.00		236.50	521	173.67		198.90	438	146.00	
0.500			315.25	695	231.67		249.63	550	183.33		201.11	443	147.67	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.0 % DE FIBRA DE VIDRIO

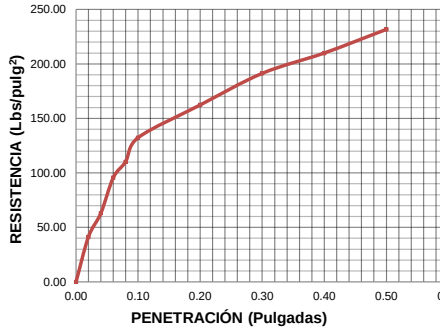
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

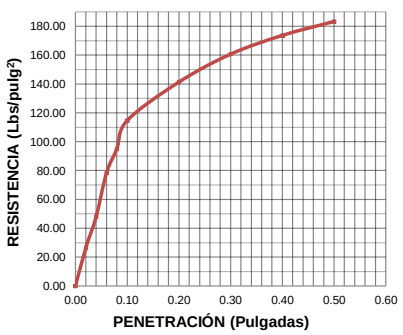
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.90
Humedad óptima (%)	10.50

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	13.23
CBR al 95% de M.D.S. (%)	10.64

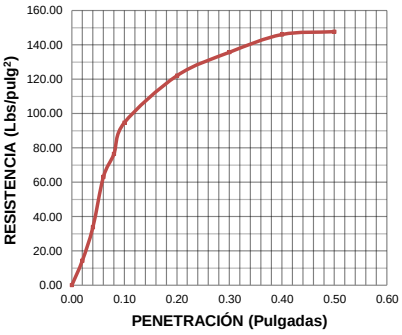
56 GOLPES

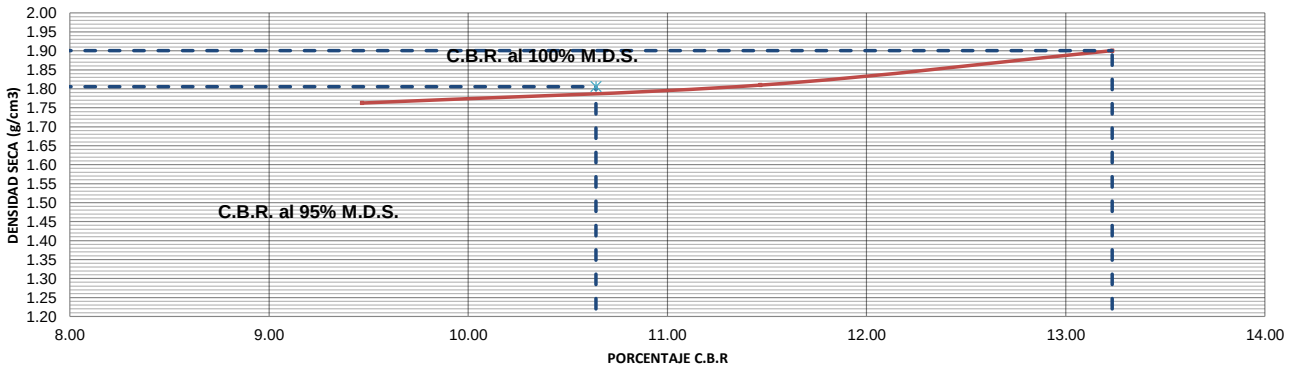


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

CALICATA N° 03
SUELO NATURAL

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NTP 339.141)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material:	C-03	**Muestra/Calicata:**	CA-03
Fecha de Muestreo:	5/01/2026	**Prof.(m):**	1.50 m

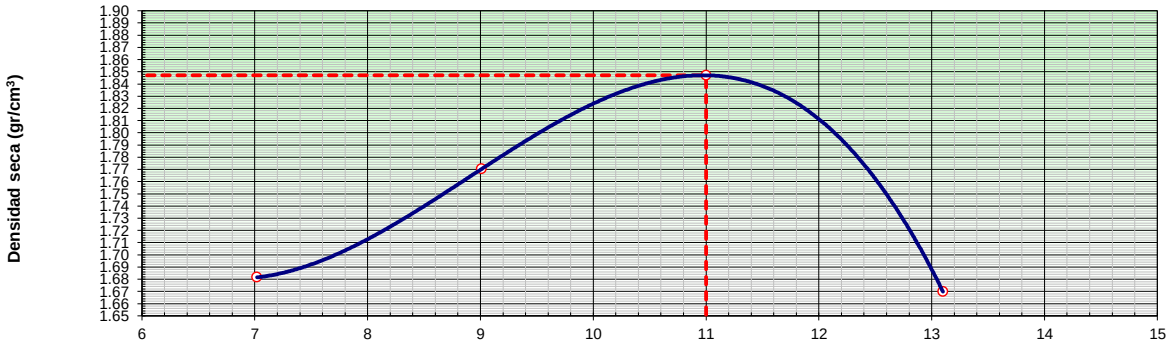
Método DE COMPACTACIÓN:	A	**Peso de Martillo (gr):**	4536.4
Tipo de pisón: Manual			
Peso del Molde (gr):	3963	**Vol. Mold. (cm3):**	921.33

Descripción	Und	1	2	3	4	OBSERVACIÓN
Peso suelo + molde	g	5621	5741	5852	5703	
Peso neto del suelo húmedo	g	1658	1778	1889	1740	
Peso volumétrico húmedo	g	1.80	1.93	2.05	1.89	
Tara	N°	T1	T2	T3	T4	
Peso del suelo húmedo+tara	g	50.87	60.07	32.17	55.84	
Peso del suelo seco + tara	g	48.35	56.35	30.23	51.19	
Peso de Tara	g	12.45	15.08	12.58	15.70	
Peso de agua	g	2.52	3.72	1.94	4.65	
Peso del suelo seco	g	35.90	41.27	17.65	35.49	
Contenido de Humedad	%	7.02	9.01	11.00	13.10	
Peso volumétrico seco	gr/cm3	1.68	1.77	1.85	1.67	

Máxima Densidad Seca (gr/cm^3) : 1.85

Óptimo Contenido de Humedad (%): 11.0

CURVA DE COMPACTACIÓN



ENCARGADO DE LABORATORIO

Ing. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.

UBICACIÓN: CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ

TESISTAS: JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA **FECHA DE INFORME:** 12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

Fecha de muestreo: 5/01/2026 **Fecha de recepción:** 5/01/2026 **Prof.(m):** 1.50 m

C.B.R.

MOLDE N°	4		5		6	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO (gr)	11644.46		11613.55		11401.60	
PESO DEL MOLDE (gr)	7549.00		7565.00		7573.00	
PESO DEL SUELO HÚMEDO (gr)	4095.46		4048.55		3828.60	
VOLUMEN DEL SUELO (cm^3)	2122.00		2165.00		2127.00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm^3)	1.93		1.87		1.80	
CAPSULA N°	1		3		5	
PESO CAPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	70.89		54.92		55.80	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (gr)	63.25		49.35		50.14	
PESO DE AGUA CONTENIDA (gr)	7.64		5.57		5.66	
PESO DE CAPSULA (gr)	12.35		12.28		12.45	
PESO DE SUELO SECO (gr)	50.90		37.07		37.69	
HUMEDAD (%)	15.01%		15.03%		15.02%	
DENSIDAD SECA (gr/cm^3)	1.68		1.63		1.56	

EXPANSIÓN

Días	HORAS	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%
0	0									
1	1									
2	2	NP			NP			NP		
3	3									
4	4									

PENETRACIÓN

Pentración	PULG.	CARGA ESTÁNDAR	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
			CARGA	corrección			CARGA	corrección			CARGA	corrección		
		(Lbs/pulg^2)	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%	Lectura	Lbs	lbs/pulg^2	%
0.00			0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.020			46.35	102	34.00		31.25	69	23.00		18.50	41	13.67	
0.040			63.25	139	46.33		55.30	122	40.67		34.25	76	25.33	
0.060			88.59	195	65.00		88.61	195	65.00		68.98	152	50.67	
0.080			119.25	263	87.67		99.87	220	73.33		83.55	184	61.33	
0.100		1000	143.00	315	105.00	10.5	113.25	250	83.33	8.33	98.36	217	72.33	7.23
0.200			184.50	407	135.67		155.63	343	114.33		126.25	278	92.67	
0.300			211.55	466	155.33		182.65	403	134.33		149.50	330	110.00	
0.400			242.55	535	178.33		210.22	463	154.33		163.00	359	119.67	
0.500			270.25	596	198.67		230.50	508	169.33		175.63	387	129.00	

ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. Walter Vasquez Tapia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA / ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ENSAYO CALIFORNIA Bearing RATIO (NTP 339.145)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS:	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO-MECÁNICO DEL SUELO DE LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ MEDIANTE ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO, CHOTA.
UBICACIÓN:	CARRETERA COLPAMATARA – COLPAHUACARIZ
TESISTAS:	JOEL FERNANDO BUSTAMANTE RUIZ - RONALDO ALDER GÁLVEZ MEJÍA
FECHA DE INFORME:	12/02/2026

SUELO NATURAL CON 1.5 % DE FIBRA DE VIDRIO

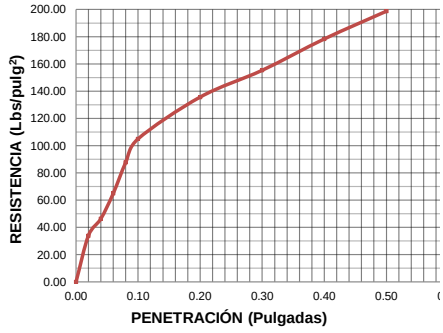
DATOS DE LA MUESTRA

Material: C-03

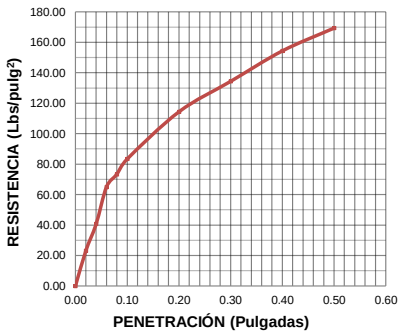
DATOS DEL PROCTOR	
Densidad máxima (gr/cm3)	1.85
Humedad óptima (%)	11.00

DATOS DEL C.B.R.	
CBR al 100% de M.D.S. (%)	10.50
CBR al 95% de M.D.S. (%)	8.08

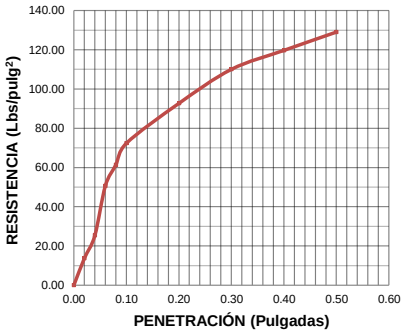
56 GOLPES

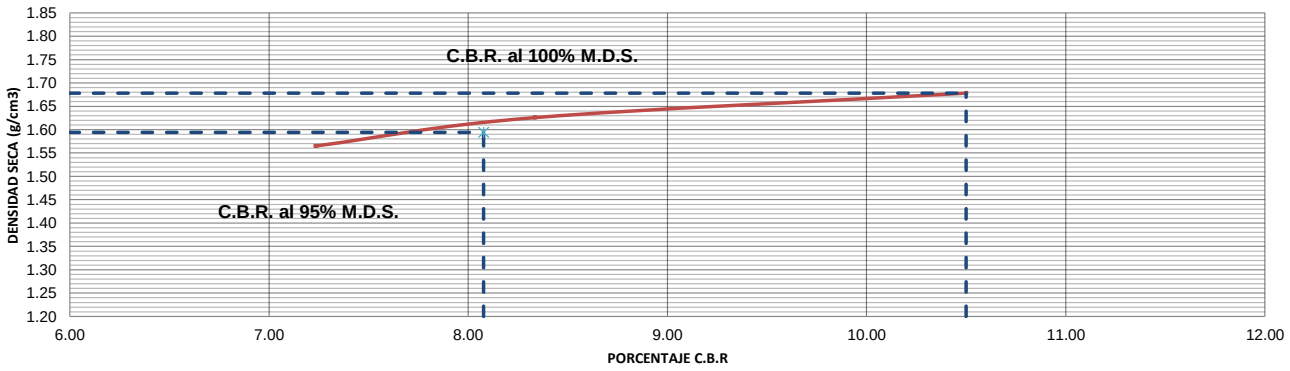


25 GOLPES



12 GOLPES





ENCARGADO DE LABORATORIO
ING. Walter Vasquez Tapia

Anexo 3. Planos

PLANO DE UBICACIÓN PROG. 0+000 km - 1+860 km

ESCALA 1:1000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

ESCUELA DE

INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

PLANO: **PLANO UBICACIÓN**
Progresiva 0+000km-1+860km

ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

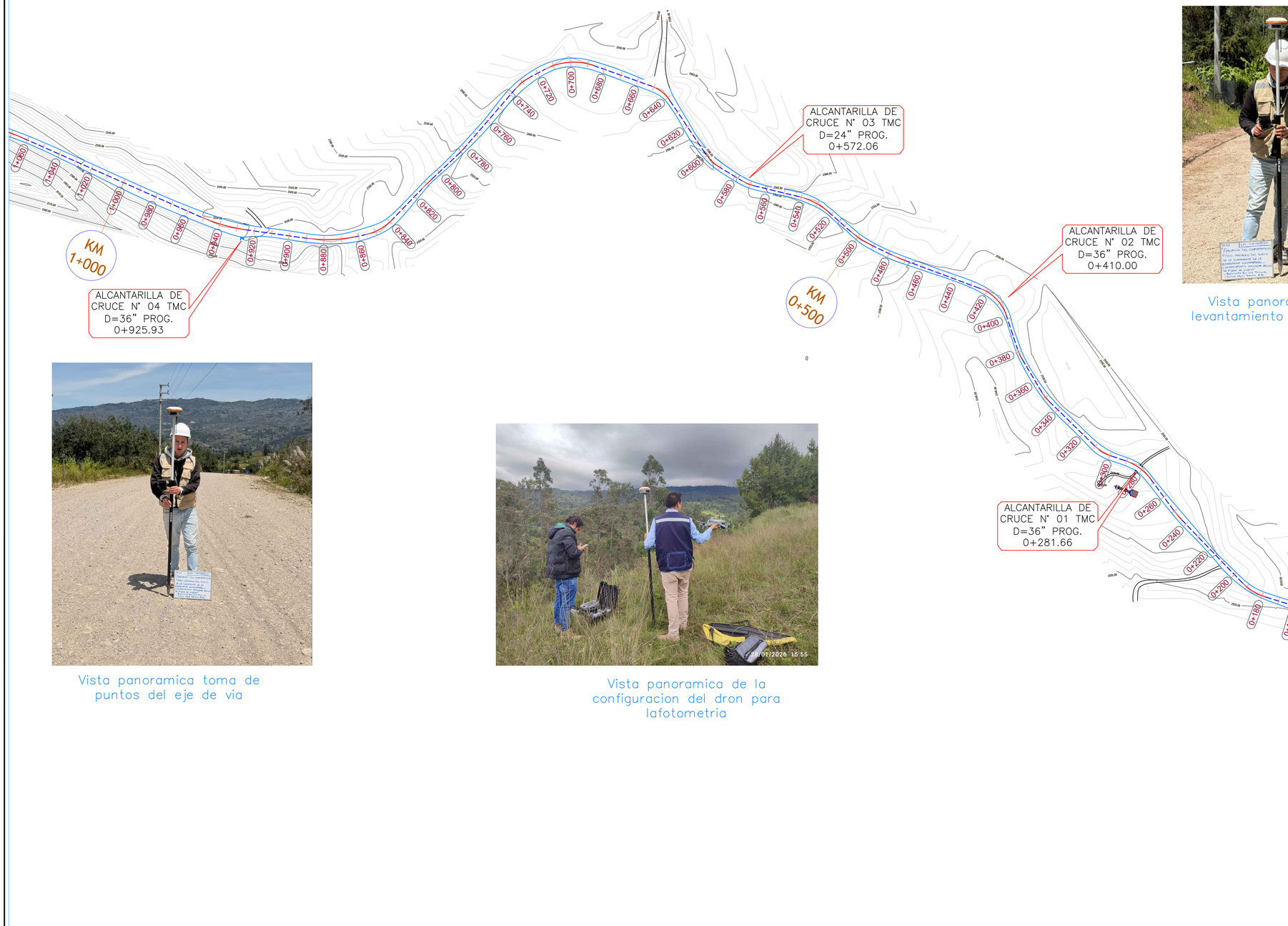
ESCALA: INDICADA

FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2026

LAMINA: **PU- 01**

PLANO TOPOGRAFICO PROG. 0+000 km - 1+000 km

ESCALA 1:1000



Vista panoramica toma de puntos del eje de via

Vista panoramica de la configuracion del dron para lafotometria



Vista panoramica del levantamiento topografico

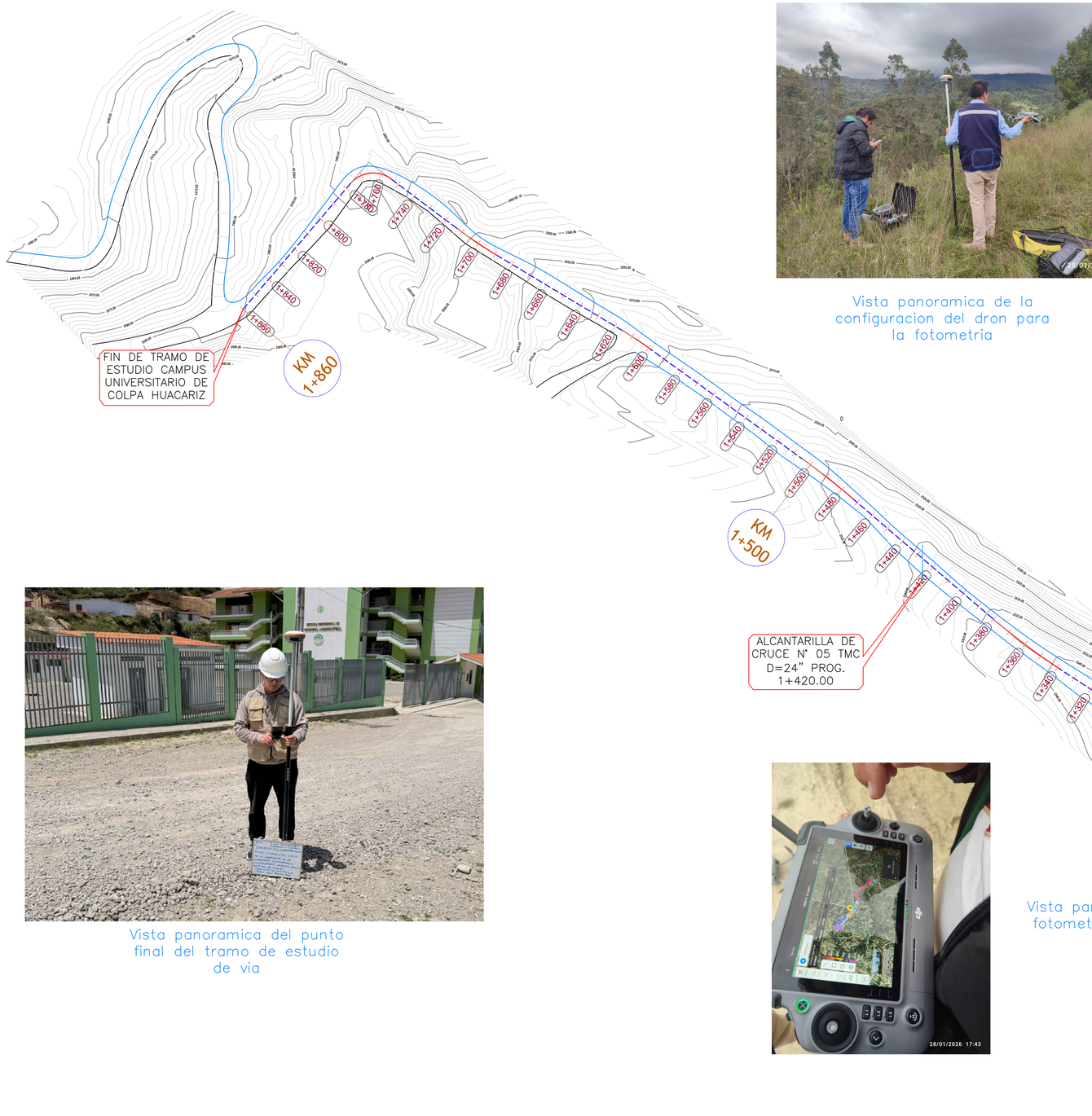


Vistapanoramica del inicio del levantamiento topografico

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL	TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota	PLANO: PLANO TOPOGRAFICO Progresiva 0+000km-1+000km	LAMINA: PT- 01
ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales	DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía	REGION: CAJAMARCA PROVINCIA: CHOTA DISTRITO: CHOTA	ESCALA: INDICADA FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2026

PLANO PLANTA PROG. 1+000 km - 1+860 km

ESCALA 1:1000





Vista panoramica de la configuracion del dron para la fotometria



Vista panoramica toma de puntos del eje de via

Vista panoramica del punto final del tramo de estudio de via

Vista panoramica de la fotometria en el dron

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

PLANO: **PLANO TOPOGRAFICO**

Progresiva 1+000km-1+860km

LAMINA: **PT- 02**

ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía

REGION: CAJAMARCA

PROVINCIA: CHOTA

DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA

FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2026

PLANO CARACTERISTICAS GENERALES DE LA VIA PROG. 0+000 km - 1+000 km

ESCALA 1:1000



DESCRIPCIÓN	KM	0+500 1+000	E:761516.06 N:9276646.02 E:761096.78 N:9276677.16

INICIO	FIN	PENDIENTE	ANCHO DE VIA
KM		%	M
0+500	0+600	12.63	4.2
		3.15	4.0
		-1.45	4.4
0+600	0+700	1.54	4.35
		2.92	5.30
		0.58	5.30
0+700	0+800	-5.15	5.4
		-11.22	4.65
		-9.22	4
800	0+900	-9.22	4
		-0.21	6.4
		-2.71	5
0+900	1+000	0.41	6.5
		6.51	5.8

DESCRIPCIÓN	KM	0+000 0+500	E:761897.70 N:9276348.00 E:761516.06 N:9276646.02

INICIO	FIN	PENDIENTE	ANCHO DE VIA
KM		%	M
0+000	0+100	5.45	6.80
		-7.4	5.00
0+100	0+200	-7.4	4.65
		-7.86	4.50
0+200	0+300	-7.86	4.30
		-2.56	4.20
		0.00	4.65
0+300	0+400	5.86	5.30
		1.53	4.30
		-7.57	3.50
		7.17	3.00
		3.11	3.00
0+400	0+500	4.29	3.80
		7.93	4.20

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

PLANO: CARACTERISTICAS GENERALES Progresiva 0+000km-1+000km

LAMINA: PCG-01

ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2026

PLANO CARACTERISTICAS GENERALES DE LA VIA PROG. 1+000 km - 1+860 km

ESCALA 1:1000



DESCRIPCIÓN	KM	1+000	E:761096.78 N:9276677.16
		1+500	E:760664.17 N:9276913.27

INICIO	FIN	PENDIENTE	ANCHO DE VIA
KM		%	M
1+000	1+100	6.09	5
		6.09	5
1+100	1+200	2.3	5.85
		-4.05	7.5
		-7.83	11.5
1+200	1+300	-11.52	11
		-11.52	11.2
		-11.52	11
1+300	1+400	-12.12	10.5
		-12.12	7.8
1+400	1+500	-9.16	8.5
		-9.16	8.7

DESCRIPCIÓN	KM	1+500	E:760664.17 N:9276913.27
		1+860	E:760380.06 N:9276991.20

INICIO	FIN	PENDIENTE	ANCHO DE VIA
KM		%	M
1+500	1+600	-10.67	8.8
		-10.67	8.5
1+600	1+700	-12.38	8.65
		-12.38	6.65
1+700	1+800	-13.75	7.65
		-19.54	7.0
		-7.52	8.8
1+800	1+860	-6.62	7.15
		-8.21	7.2
		-5.35	8.2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía

PLANO: CARACTERISTICAS GENERALES Progresiva 1+000km-1+860km

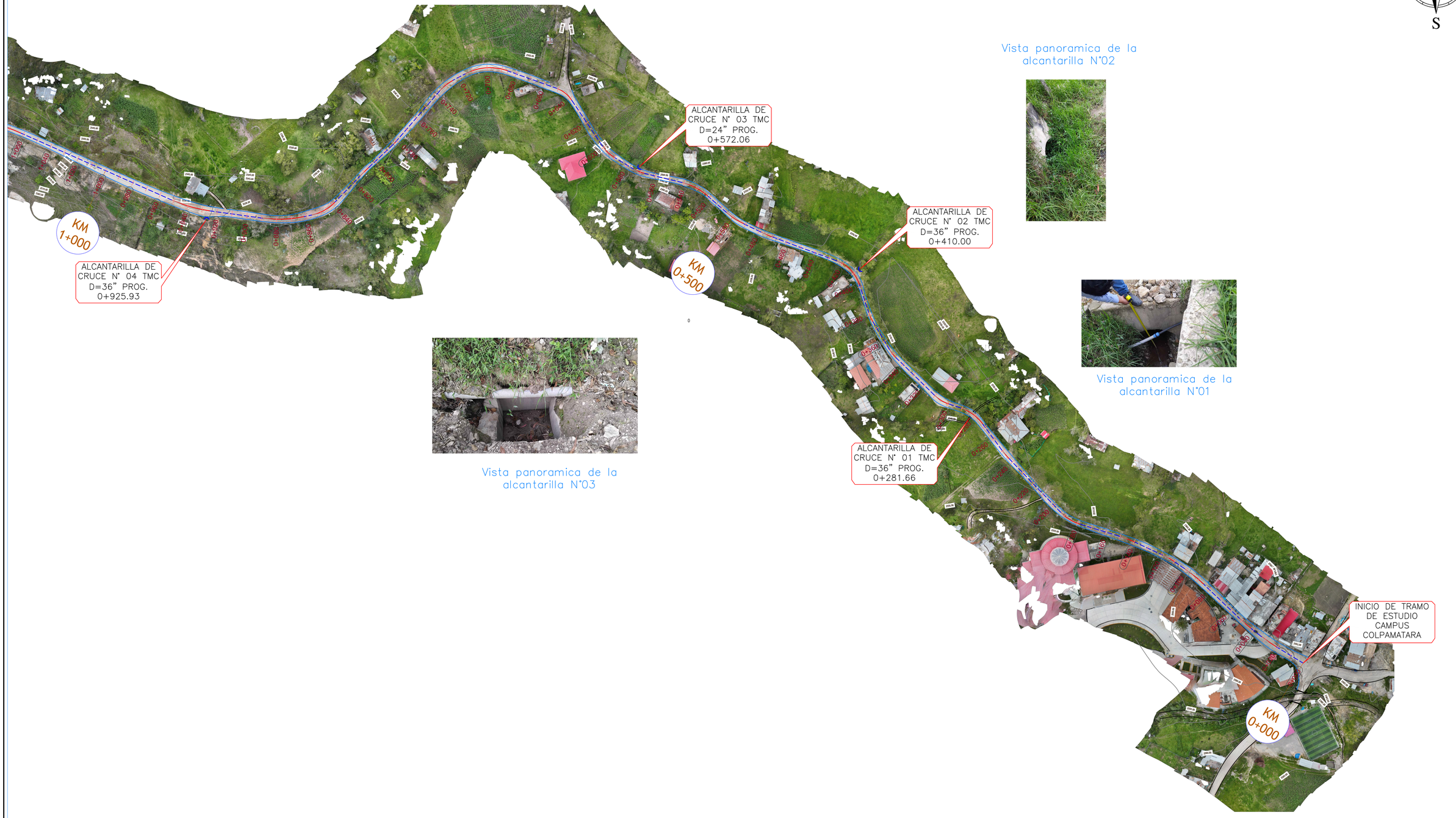
REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2026

LAMINA: PCG-02

PLANO ESTRUCTURAS EXISTENTES PROG. 0+000 km - 1+000 km

ESCALA 1:1000



Vista panoramica de la alcantarilla N°03

Vista panoramica de la alcantarilla N°02

Vista panoramica de la alcantarilla N°01

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

PLANO: **ESTRUCTURAS EXISTENTES Progresiva 0+000km-1+000km**

LAMINA: **PE- 01**

ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía

REGION:	CAJAMARCA
PROVINCIA:	CHOTA
DISTRITO:	CHOTA
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	CHOTA, MARZO DEL 2026

PLANO ESTRUCTURAS EXISTENTES PROG. 1+000 km - 1+860 km

ESCALA 1:1000

N
W E
S

FIN DE TRAMO DE ESTUDIO CAMPUS UNIVERSITARIO DE COLPA HUACARIZ

KM 1+860

KM 1+500

ALCANTARILLA DE CRUCE N° 05 TMC D=24" PROG. 1+420.00

KM 1+000

ALCANTARILLA DE CRUCE N° 04 TMC D=36" PROG. 0+925.93



Vista panoramica del punto final del tramo de estudio de via



Vista panoramica de la alcantarilla N°05

Vista panoramica de la alcantarilla N°04



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

PLANO: **ESTRUCTURAS EXISTENTES**

Progresiva 1+000km-1+860km

LAMINA: **PE- 02**

ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía

REGION: CAJAMARCA

PROVINCIA: CHOTA

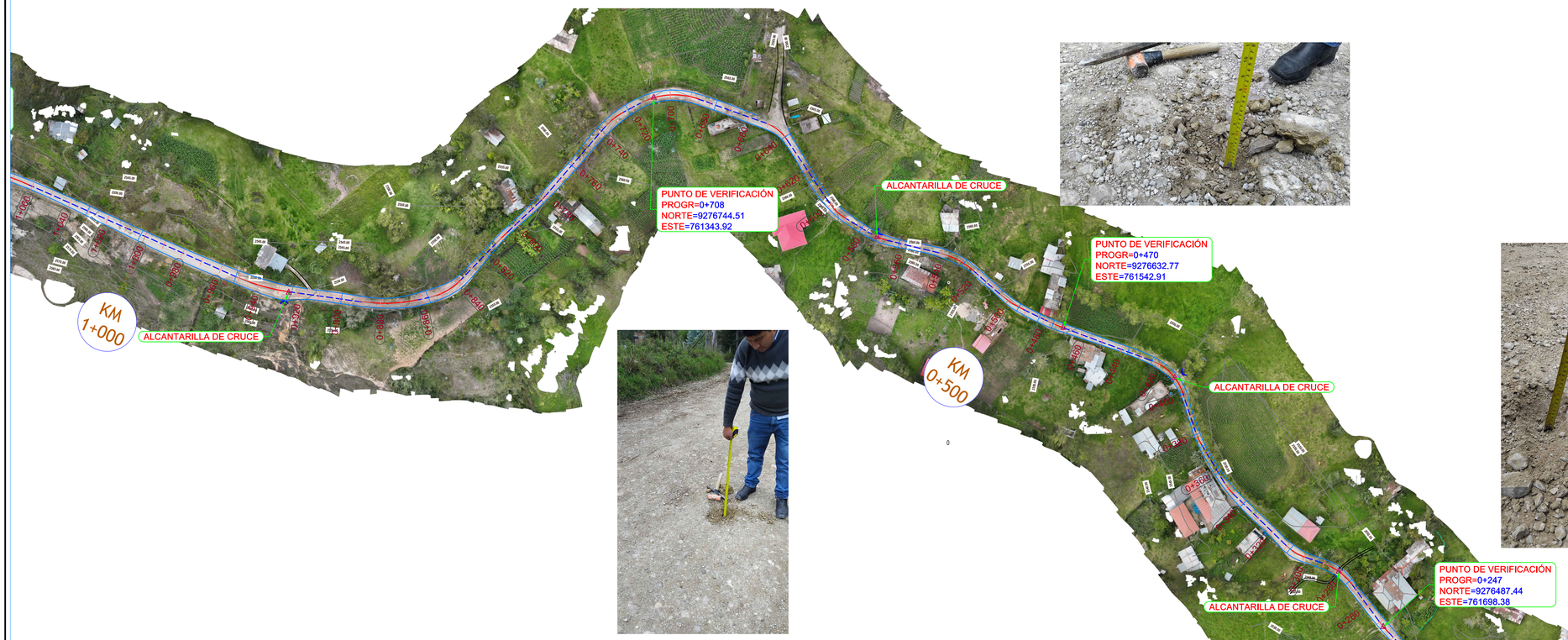
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA

FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2026

PLANO VERIFICACIÓN DEL ESPESOR DE LA VIA PROG. 0+000 km - 1+000 km

ESCALA 1:1000





N

W E

S

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

PLANO: ESPESOR DE AFIRMDO
Progresiva 0+000km-1+000km

LAMINA: PEA-01

ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

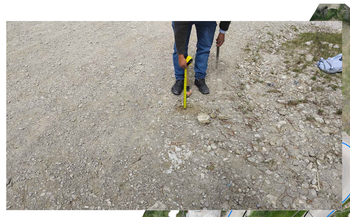
DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía

REGION: CAJAMARCA
PROVINCIA: CHOTA
DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA
FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2026

PLANO VERIFICACION DEL ESPESOR DE LA VIA PROG. 1+000 km - 1+860 km

ESCALA 1:1000





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE CHOTA

ESCUELA DE

INGENIERIA CIVIL

TESIS: Evaluación del comportamiento físico-mecánico del suelo de la subrasante de la carretera Colpamatara – Colpahuacariz mediante adición de fibra de vidrio, Chota

PLANO: **ESPESOR DE AFIRMDO**

Progresiva 1+000km-1+860km

LAMINA: **PEA-02**

ASESORA: Dra. Ing. Carmen Rosa Cárdenas Rosales

DIBUJO Y DISEÑO: Joel Fernando Bustamante Ruiz y Ronaldo Alder Gálvez Mejía

REGION: CAJAMARCA

PROVINCIA: CHOTA

DISTRITO: CHOTA

ESCALA: INDICADA

FECHA: CHOTA, MARZO DEL 2026