

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA



**APLICACIÓN DE CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE SUBRASANTES INADECUADAS MEDIANTE
SUSTITUCIONES PARCIALES, JUNÍN 2025**

TESIS

Presentada por:

Bach. Huaman Romero, Jose Saul
ORCID: 0000-0001-5046-9569

Asesor:

Dr. Samuel Huaquisto Cáceres
ORCID: 0000-0002-9294-6359

Para obtener el grado académico de:
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
ESCUELA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GEOTECNIA

Tesis

**“APLICACIÓN DE CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE SUBRASANTES INADECUADAS MEDIANTE
SUSTITUCIONES PARCIALES, JUNÍN 2025”**

Presentada por:

Bach. Jose Saul HUAMAN ROMERO

**Tesis sustentada y aprobada el 07 de mayo del 2026; ante el siguiente jurado
examinador:**

PRESIDENTE: Dr. Anibal Juan ESPINOZA ARANCIAGA

SECRETARIO: Dr. Pedro Valerio MAQUERA CRUZ

VOCAL: Mtro. Alfonso Oswaldo FLORES MELLO

ASESOR: Dr. Samuel HUAQUISTO CÁCERES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Jose Saul Huaman Romero, en calidad de: Tesista de la Maestría en Geotecnia de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 77693264, soy autor de la tesis titulada:

APLICACIÓN DE CRITERIOS GEOTÉCNICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUBRASANTES INADECUADAS MEDIANTE SUSTITUCIONES PARCIALES, JUNÍN 2025, con asesor: Dr. Samuel HUAQUISTO CÁCERES.

DECLARO BAJO JURAMENTO

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de Maestro en Ingeniería Civil con mención Geotecnia, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 14% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor (a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y

a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna 07 de mayo del 2026

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping loops and strokes, likely representing the name Jose Saul Huaman Romero.

Nombres y apellidos: Jose Saul Huaman Romero

DNI: 77693264

DEDICATORIA

A la memoria de mi abuela Margarita, cuyos valores, enseñanzas e ideales permanecen vivos y continúan guiando mi camino.

A mi hermana Jhosselin, por su constante apoyo, motivación e impulso para perseverar en el logro de mis metas personales y profesionales.

A mi pareja Milagros Lucero y a nuestra hija, próximo a llegar, por ser la razón de mi esfuerzo, dedicación y superación constante; fuente de inspiración para seguir adelante y alcanzar cada uno de mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a la vida, por darme más motivos de decir gracias.

A la Universidad Privada de Tacna, por aceptarme y hacerme parte de ella, en la formación como profesional.

Agradezco a mi asesor de tesis, Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por haberme brindado el apoyo con su capacidad y conocimiento científico.

Expreso mi sincero agradecimiento al Consorcio Supervisor, liderado por el Ing. Dario Andrés Boza Tunqui, por las facilidades brindadas durante el desarrollo de la presente investigación, así como por el acceso y apoyo en la obtención de documentación técnica e información relevante que contribuyó al cumplimiento de los objetivos planteados en este estudio.

Bach. Jose Saul Huaman Romero.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.2.1 Problema principal	20
1.2.2 Problemas secundarios	20
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	21
1.3.1. Justificación científica.....	21
1.3.2. Justificación metodológica.....	21
1.4. OBJETIVOS	22
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	23
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	23
2.2. NORMATIVA VIGENTE	29

2.3	DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS	32
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO.....		42
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA.....	42
3.1.1.	Tipo de investigación.....	42
3.1.2.	Nivel de investigación.....	42
3.1.3.	Justificación del enfoque aplicado	42
3.2	DISEÑO DEL PROYECTO	43
3.2.1	Etapas del proyecto	43
3.2.2	Herramientas y/o software utilizado	43
3.3	EVALUACIÓN TÉCNICA Y FACTIBILIDAD	44
3.4	PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN	45
3.4.1	Cronograma de actividades.....	45
3.4.2	Asignación de recursos	46
3.4.3	Costos y financiamiento.....	46
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		48
4.1	INFORMACIÓN PRELIMINAR, CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y EXPERIMENTACIÓN.....	48
4.1.1.	Caracterización del área de estudio.....	49
4.1.2.	Datos complementarios de estudio de diseño	49
4.1.3.	Sectorización de tramos a evaluar.....	50
4.1.4.	Granulometría del suelo.....	51
4.1.5.	Consistencia del suelo.....	52
4.1.6.	Valor de soporte del suelo.....	59
4.2.	ANÁLISIS DE IMPACTO, BENEFICIOS Y COMPARACIÓN CON CASOS SIMILARES.....	66
3.2.1.	Análisis del impacto técnico social, económico y ambiental.....	66

3.2.2.	Beneficios técnicos, económicos, sociales y científicos	67
3.2.3.	Comparación con otros estudios o proyectos ya realizados en el ámbito internacional, nacional o local.	68
4.3	LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MEJORAS IDENTIFICADAS	69
4.4	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y SU IMPLEMENTACIÓN.....	69
4.1.1.	Aplicación de parámetros geotécnicos en suelos donde el CBR es mayor a 6% 70	
4.1.2.	El material de relleno.....	77
4.1.3.	Cálculo de espesores cuando el CBR es menor o igual a 6% mediante AASHTO 93	78
4.1.4.	Cálculo del coeficiente estructural a_4 :	79
4.1.5.	Cálculo de los espesores mediante la ecuación AASHTO93:	80
4.1.6.	Aplicación de la teoría de Boussinesq (cálculo de espesores cuando el CBR es mayor a 6% pero requiere mejoramiento)	83
4.1.7.	Evaluación de la compactación de los tramos mejorados (construidos)....	88
4.1.8.	Evaluación de la deflexión de los tramos mejorados (construidos).....	89
4.5	EVALUACIÓN DE COSTOS, SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO	92
4.5.1.	Costos, inversión inicial, final.....	92
4.5.2.	Sostenibilidad.....	93
4.5.3.	Viabilidad.....	94
4.5.4.	Mantenimiento.	94
4.5.5.	Viabilidad técnica operativa y de gestión a corto y largo plazo.....	94
	CONCLUSIONES.....	95
	RECOMENDACIONES.....	97
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98

APÉNDICE	101
-----------------------	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de Índice de consistencia y sus calificaciones	35
Tabla 2 Rangos de Índice de compresibilidad y sus calificaciones	35
Tabla 3 Rangos de Índice de liquidez y sus calificaciones	36
Tabla 4 Rangos de Valor de soporte CBR y sus calificaciones	36
Tabla 5 Cronograma de actividades de ejecución de la investigación.	45
Tabla 6 Costos a precios reales de la ejecución de la investigación.	46
Tabla 7 Parámetros de diseño de pavimento flexible del tramo evaluado	50
Tabla 8 Granulometría del suelo de fundación de los tramos a analizar	52
Tabla 9 Consistencia del suelo subrasante	53
Tabla 10 Valor de soporte del suelo (CBR).	60
Tabla 11 Criterios geotécnicos en aplicados en subrasantes.....	71
Tabla 13 Características del material de relleno - Rupaycancha	78
Tabla 14 Espesores calculados mediante AASHTO93 para suelos con CBR mayores a 6%.	82
Tabla 15 Cálculo de distribución de esfuerzo a una profundidad de 30cm.	85
Tabla 16 Cálculo de distribución de esfuerzo a una profundidad de 50cm.	86
Tabla 17 Espesores de mejoramiento finales.	87
Tabla 18 Grado de compactación de las zonas mejoradas	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del área de estudio	49
Figura 2 Sectorización de calicatas	51
Figura 3 Índice de plasticidad del suelo - km 6+000 a Km 7+000	54
Figura 4 Índice de plasticidad del suelo - km 7+000 a Km 8+000	55
Figura 5 Índice de plasticidad del suelo - km 8+000 a Km 9+000	55
Figura 6 Índice de plasticidad del suelo - km 9+000 a Km 10+000	56
Figura 7 Índice de plasticidad del suelo - km 10+000 a Km 11+000	57
Figura 8 Índice de plasticidad del suelo - km 11+000 a Km 12+000	57
Figura 9 Índice de plasticidad del suelo - km 12+000 a Km 13+000	58
Figura 10 Índice de plasticidad del suelo – tramo total evaluado	59
Figura 11 CBR del suelo - km 6+000 a Km 7+000	61
Figura 12 CBR del suelo - km 7+000 a Km 8+000	62
Figura 13 CBR del suelo - km 8+000 a Km 9+000	62
Figura 14 CBR del suelo - km 9+000 a Km 10+000	63
Figura 15 CBR del suelo - km 10+000 a Km 11+000	64
Figura 16 CBR del suelo - km 11+000 a Km 12+000	64
Figura 17 CBR del suelo - km 12+000 a Km 13+000	65
Figura 18 CBR del suelo – Tramo total	65
Figura 19 Índice de consistencia del tramo evaluado	72
Figura 20 Índice de compresibilidad del tramo evaluado	73
Figura 21 Índice de Liquidez del suelo en el tramo evaluado.....	74
Figura 22 Humedad natural mayor que OCH en el tramo evaluado.....	75
Figura 18 Clasificación de los Criterios geotécnicos en aplicados en subrasantes	76
Figura 24 Aplicación de criterios geotécnicos	77
Figura 25 Correlación de CBR con coeficiente estructural del material	80

Figura 26 Cálculo de SN mediante la ecuación AASHTO93 para cálculo de SN	81
Figura 27 Cálculo de distribución de esfuerzo a una profundidad de 30cm.....	85
Figura 28 Cálculo de distribución de esfuerzo a una profundidad de 50cm.....	86
Figura 29 Deflectograma – carril derecho tramo km 06+000-7+000	90
Figura 30 Deflectograma – carril izquierdo tramo km 06+000-7+000.....	90
Figura 31 Deflectograma – carril derecho tramo km 07+000-9+000	91
Figura 32 Deflectograma – carril izquierdo tramo km 07+000-9+000.....	91
Figura 33 Análisis de costos unitarios del mejoramiento por sustitución parcial.	93

ÍNDICE DE APÉNDICES

Apéndice N° 1 Matriz de consistencia del informe final de tesis	102
Apéndice N° 2 Consentimiento informado de uso de datos	105
Apéndice N° 3 Ensayos de laboratorio - calicatas	107
Apéndice N° 4 Ensayos de laboratorio – material de relleno	133
Apéndice N°5 Ensayos de laboratorio – Certificados de control de calidad (compactación y deflectometría de tramos mejorados)	139
Apéndice N° 6 Registros fotográficos	149

RESUMEN

El presente proyecto de investigación planteó como problema general: ¿Cómo incide la aplicación de criterios geotécnicos para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025?, el objetivo general fue: Analizar la incidencia de la aplicación de criterios geotécnicos para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025, y la hipótesis general fue: La aplicación de criterios geotécnicos en la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales incide significativamente en la mejora de las propiedades mecánicas, incrementando la capacidad de soporte y estabilidad de los suelos en la región Junín. La metodología fue cuantitativa, el tipo de investigación es aplicada en un nivel explicativo con un diseño de investigación experimental. La población; estuvo definida por suelos de proyectos de infraestructura vial de la región Junín, el tipo de muestra es muestreo no probabilístico y definida por la carretera Chupaca- Mito en la región Junín. Finalmente se concluyó que la incidencia de la aplicación de criterios geotécnicos, principalmente relacionados con las características del suelo tales como la plasticidad, compresibilidad, humedad natural e índice de liquidez para comprender el comportamiento del suelo de subrasante, considerando que, a pesar de presentar valores de CBR clasificados como aceptables o buenos, este puede presentar fallas en campo debido a condiciones desfavorables asociadas a su estado de consistencia, saturación o susceptibilidad a deformaciones.

PALABRAS CLAVES: Mejoramiento, sustitución, suelos.

ABSTRACT

This research project posed the following general research question: How does the application of geotechnical criteria for the optimization of inadequate subgrades through partial replacement affect the results in Junín in 2025? The general objective was: To analyze the impact of applying geotechnical criteria for the optimization of inadequate subgrades through partial replacement in Junín in 2025, and the general hypothesis was: The application of geotechnical criteria in the optimization of inadequate subgrades through partial replacement significantly impacts the improvement of mechanical properties, increasing the bearing capacity and stability of soils in the Junín region. The methodology was quantitative; the research type is applied at an explanatory level with an experimental research design. The population was defined by soils from road infrastructure projects in the Junín region; the sampling method was non-probabilistic and defined by the Chupaca-Mito highway in the Junín región. It was ultimately concluded that the application of geotechnical criteria—primarily related to soil characteristics such as plasticity, compressibility, natural moisture content, and liquidity index—is essential for understanding the behavior of subgrade soil, given that, despite having CBR values classified as acceptable or good, it may fail in the field due to unfavorable conditions associated with its consistency, saturation, or susceptibility to deformation.

KEYWORDS: Improvement, replacement, soils.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, a medida que el mundo se integra más y crece, los suelos inestables han sido materia de estudio en los últimos años, en diversas partes del mundo como en zonas desérticas, áridas y semiáridas o en climas húmedos como América del norte y sur, África del sur y Asia central se han encontrado la existencia de estos suelos. Siempre se contará con suelos estables e inestables, los cuales son la base primordial de cualquier proyecto vial, asimismo hoy en día, se cuenta con diferentes metodologías de estabilización de suelos, siendo muchos de ellos químicos.

La presente investigación titulada “Aplicación de criterios geotécnicos para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025”, busca la solución del problema: ¿Cómo incide la aplicación de criterios geotécnicos para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025? En su desarrollo se revisa metodologías para la evaluación y calificación objetiva de los criterios geotécnicos y la metodología de sustitución parcial del suelo.

El proyecto de investigación está conformado por los siguientes capítulos:

Capítulo I.-Se realiza el Planteamiento del problema, describiendo la realidad problemática, para exponer de forma clara y precisa los aspectos puntuales de la tesis, se formula el problema general y problemas específicos, se plantea la justificación tales como práctica o social, científica o teórica y metodológica y finalmente objetivo general y objetivos específicos.

Capítulo II.-Se desarrolla el marco referencial donde se expone los antecedentes que sustenten la tesis; bases teóricas asociados directamente con el problema en estudio y finalmente el marco conceptual detallando cada concepto.

Capitulo III.-La metodología de la investigación, el tipo, nivel de investigación, diseño, así como las técnicas e instrumentos para la recolección de datos, las técnicas para el procesamiento y el análisis de datos para convertirlo en información fácil de entender.

Capitulo IV.-Explicación de los resultados de la investigación y propuestas de solución.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, se presentan suelos de diferentes características geotécnicas, en su mayoría arcillas blandas de baja capacidad de carga admisible. Dadas estas características, estos suelos son de baja utilidad al ser empleados como base de cimentaciones de proyectos tales como edificaciones o proyectos viales, por tal motivo, un gran número de construcciones realiza el retiro total o parcial de la capa de suelo de baja calidad hasta alcanzar estratos de mayor rigidez. Posteriormente, el material retirado debe ser remplazado con materiales de altas características mecánicas tales como los sugeridos por el instituto nacional de vías (Jimenez Varón & Otálvaro Gaviria, 2020).

A nivel nacional, en la actualidad en Perú- existen una variedad de suelos con distintas características, es decir tolerantes, pobres o muy pobres, es por eso que actualmente el 35% de la tierra se encuentra de manera degradada, esto se debe a las grandes contaminaciones de diferentes tipos ocasionados por el incremento de las poblaciones que vienen creciendo considerablemente afectando nuestra economía, esto genera que los países deben de estar necesariamente conectados, para ser factible los intercambios de mercancías y el traslado de las personas, por lo que es necesario que cuenten con carreteras en buen estado para lograr eficientemente un traslado de vehículos para el transporte del comercio y el público, por lo tanto es necesario tener una carretera accesible, lo primero que se debe de tener en cuenta es la estabilización de suelos, esto se puede lograr con la ayuda de aglomerantes naturales, esto ayuda no simplemente a estabilizar los suelos inestables sino que también ayuda en la forma ambiental, técnico y económico Bernal Céspedes & Cueva Díaz, (2021).

En el Perú, “la zona andina contempla una geografía única y compleja, la cual plantea grandes dificultades a la población agrícola y la vida cotidiana (siendo en el Perú, una costa árida, una sierra con pequeños valles interandinos y elevadas pendientes, y una selva ecológicamente frágil y con suelos que posiblemente no sean aptos para la agricultura y la construcción de infraestructura de transporte). Este tipo de geografía ha originado a lo largo del tiempo poblaciones con altos grados de aislamiento, así como grandes retos a las autoridades para ocupar realmente todo el territorio nacional” (Torres, 2017, p.40).

A nivel local existen estudios en el que se utilizan diferentes estabilizantes de los suelos, para la construcción de los pavimentos, afirmados y/o mejora de suelos de fundación, asimismo de acuerdo al terreno y lugar donde se encuentre la zona de construcción se utilizan muchos tipos de materiales para ser mejorados, recomendados por normativas vigentes o bajo el enfoque de nuevas tecnologías de construcción, asimismo una de las alternativas mejor empleadas es el de sustituir parcialmente los suelos por otro material de gran capacidad de soporte o mejor calidad de drenaje. En tal caso, en la presente investigación busca determinar la sustitución parcial de suelo aplicado a un proyecto vial con el fin de mejorar

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema principal

¿Cómo incide la aplicación de criterios geotécnicos para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025?

1.2.2 Problemas secundarios

- ¿Qué características geotécnicas de subrasantes inadecuadas se consideran para la optimización mediante sustituciones parciales, Junín 2025?
- ¿Qué criterios geotécnicos permiten definir la selección y dosificación adecuada de los materiales en la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025?

- ¿Cuáles son los resultados de compactación y deflectometría en la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

“Se ambiciona en la investigación el poder sentenciar un problema real y de ser el caso tenga ligación con otros problemas prácticos” (Hernández, Fernández, & Lucio, 2006).

La presente investigación nos posibilita poder determinar variaciones entre los diferentes estabilizadores químicos encontrados comercialmente, determinando características principalmente en la forma de actuar al ser aplicados en una subrasante deficiente. subrasante deficiente.

1.3.1. Justificación científica

Según (Méndez, 2012) la justificación teórica o científica es aquella intención del estudio, que se encarga de ocasionar debate académico sobre el conocimiento existente, cotejar una teoría, contrastar resultados y desarrollar epistemología del conocimiento existente.

La justificación científica estará basada en el manual de ensayo de materiales y el documento técnico de carreteras no pavimentadas; la cual nos menciona sobre la aplicación de estabilizadores, con diferentes dosificaciones recomendadas, asimismo nos permitirá obtener los valores mínimos de serviciabilidad de la subrasante con el fin de que pueda cumplir con los estándares de resistencia y durabilidad.

1.3.2. Justificación metodológica

Según Méndez Álvarez (2020), La justificación metodológica se da cuando se realiza un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento válido y confiable. Esto propone buscar nuevos métodos o técnicas para generar conocimientos.

El desarrollo de esta investigación conlleva una justificación metodológica, a razón de la necesidad de conocer, evaluar y describir el comportamiento funcional de los diferentes estabilizadores comúnmente empleados en el mejoramiento de subrasantes, asimismo poder determinar una buena elección para el fin deseado.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Analizar la incidencia de la aplicación de criterios geotécnicos para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades geotécnicas para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025
- Establecer los criterios geotécnicos para la selección y dosificación adecuada de los materiales en la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025.
- Evaluar la compactación y deflectometría en la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Nateros Enríquez (2023), en la tesis titulada *“Determinación de coeficientes de diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante”*, fija como objetivo general determinar los coeficientes de diseño para calcular el espesor de sustitución de la subrasante empleando la metodología del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y la metodología del módulo resiliente compuesto. Aplicando la metodología científica de tipo aplicada, con un nivel descriptivo y un diseño transeccional descriptivo, desarrollada en el Jr. Integración del distrito de Chilca–Huancayo, donde se evaluaron tres calicatas y se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las características del suelo y del material de sustitución. Obteniendo los siguientes resultados: el método AASHTO 93, base del método del MTC, resultó ser el más conservador y analítico, proporcionando espesores más seguros y adecuados en comparación con la metodología del módulo resiliente compuesto. Y finalmente concluye que ambas metodologías permiten obtener espesores apropiados en términos de soporte de carga y características particulares del suelo, contribuyendo así a mejorar la calidad estructural del pavimento en vías urbanas del distrito de Chilca.

Ccansaya Maldonado, Rosario y Tello Vargas, Alberto Jesús (2022), en la tesis titulada *“Análisis comparativo entre los métodos de estabilización por sustitución y por adición de cal de obra, para el mejoramiento de una subrasante arcillosa en la carretera Canta – Huayllay Km 57–59”*, fijan como objetivo general estudiar el comportamiento del suelo arcilloso tratado con cal de obra para su empleo como subrasante en un pavimento flexible, comparando los métodos de mejoramiento por sustitución y por adición de cal. Aplicando la metodología científica de tipo aplicada, con un enfoque descriptivo y un diseño experimental

basado en ensayos de laboratorio de límites de consistencia, C.B.R. y compresión simple, además del diseño estructural del pavimento mediante el método AASHTO 1993. Obteniendo los siguientes resultados: la adición de cal de obra produjo una disminución del índice de plasticidad, un incremento del valor de C.B.R. y de la resistencia a la compresión simple, demostrando un comportamiento más eficiente que la estabilización mecánica por sustitución. Y finalmente concluyen que el tratamiento del suelo arcilloso con cal de obra mejora significativamente las propiedades físico-mecánicas del material, permitiendo su utilización como subrasante de pavimentos flexibles y reduciendo los espesores requeridos de las capas estructurales.

Dorote Enriquez (2023) , en la tesis de grado *titulado*: “Análisis de la influencia del potencial de colapso de suelos en la capacidad de carga en suelos cohesivos, Huasahuasi – 2023, fijo como *objetivo*: Determinar la influencia del potencial de colapso de suelos en la capacidad de carga en suelos cohesivos, Huasahuasi – 2023. Aplicando una *metodología*: se adoptó un enfoque basado en el método científico, enmarcándose dentro de una investigación de naturaleza aplicada, con un nivel correlacional y un diseño de carácter experimental. Obtuvo los *resultados* siguientes: Los hallazgos obtenidos reflejaron diferencias sustanciales en la cohesión del suelo entre las distintas muestras evaluadas, evidenciándose en algunos casos una cohesión mínima o reducida, mientras que en otros se observó una cohesión intermedia o elevada. Estas discrepancias fueron atribuidas a variaciones en la estructura, composición y condiciones particulares de cada muestra de suelo. En síntesis, se identificó una correlación directa entre la magnitud del potencial de colapso y los valores numéricos obtenidos en las evaluaciones realizadas. Finalmente, fija como *conclusiones*: El análisis de la influencia del potencial de colapso de los suelos en la capacidad de carga en suelos cohesivos en Huasahuasi – 2023 permite identificar una relación fundamental entre la severidad del potencial de colapso y los valores numéricos obtenidos en las muestras de suelo analizadas. Esta conexión proporciona una visión detallada y cuantificable de las diferencias entre los distintos tipos de suelo clasificados en

diversas categorías, lo que resulta esencial para la planificación y el diseño estructural en terrenos con estas características. Comprender esta relación facilita una evaluación más precisa de los riesgos asociados al colapso del suelo, lo que permite a ingenieros y planificadores tomar decisiones fundamentadas e implementar estrategias de mitigación adecuadas para garantizar la estabilidad y seguridad de las edificaciones.

Andrade Cadena (2020) en la tesis de grado *titulado*: “Estado del Arte sobre los Cambios Volumétricos en Suelos Expansivos y su Potencial de Colapso, fijo como *objetivos*: Revisar o buscar los diversos enfoques que se han presentado al transcurso de los años respecto a los cambios volumétricos de suelos expansivos y su potencial de colapso. Aplicando una *metodología*: La metodología que se implementó en este proyecto es tipo documental ya que el proceso está encaminado en la búsqueda, compilación, interpretación y análisis de datos alcanzados por otros investigadores, recopilados en distintas fuentes documentales, así como virtuales e impresas. Obtuvo los *resultados* siguientes: la mayoría de los suelos investigados en los documentos son de tipo MH que corresponden a ser arcillas limosas. Al comparar los resultados de los documentos investigados que escogieron este tipo de suelo, es notable que todos llegan a la conclusión de que los suelos de tipo MH son susceptible al colapso debido a su gran contenido de humedad y que pueden llegar al colapso sin necesidad de un esfuerzo vertical considerable. Finalmente, fija como *conclusiones*: Se encontró que los suelos de tipo MH tienen alta posibilidad de ser susceptibles al colapso y que los suelos de tipo SM a pesar de su bajo contenido de humedad no son propensos a sufrir colapso, pero requieren un estudio detallado del suelo para determinar su grado de colapsabilidad ya que se evidenció en uno de los documentos investigados que la muestra de suelo tipo SM tiene un grado de colapso definitivo.

Ramírez Garzón (2021) en su proyecto de grado *titulado*: “Métodos para Identificar Suelos Colapsables”, fijo como *objetivo*: Construir un estado del conocimiento sobre las diferentes técnicas y métodos experimentales para la caracterización geotécnica de suelos colapsables. Aplicando una *metodología*: La

investigación se basó en la revisión de la literatura y trabajos experimentales existentes sobre: los suelos colapsables, los criterios para identificarlos y los métodos para medir el colapso en el laboratorio, como el análisis de tamaño de sus partículas, la mineralogía, la resistencia en estado seco y húmedo, la evaluación del colapso mediante el criterio de la norma de la Asociación Americana de Ensayo de Materiales, ASTM (prueba edométrica bajo un esfuerzo de 200 kPa). Obtuvo los *resultados* siguientes: Los suelos colapsables cubren un 10% de la superficie terrestre, se encuentran en regiones importantes, distribuidos en áreas áridas y semiáridas (Mansour Zaid et al., 2008). Estos suelos causan problemas en las obras de ingeniería civil por los asentamientos diferenciales de gran magnitud. El fenómeno se relaciona principalmente con la estructura abierta y suelta que pueden presentar cambios repentinos en el volumen, con o sin el aumento de cargas externas. Varias clasificaciones de colapso del suelo se basan en las propiedades físicas mecánicas y parámetros como el contenido de agua, los esfuerzos máximos que producen el colapso, el porcentaje de arcilla (material fino) y densidad. Para esta investigación se consultaron trabajos experimentales en los que se realizaron pruebas de laboratorio in situ, para ciertos tipos de suelos que mostraron indicios de colapsabilidad y se midieron directamente los cambios en las propiedades que llevaban al colapso. Finalmente, fija como *conclusiones*: Se concluye que dentro del campo geotécnico las propiedades de los suelos dependen de su proceso de formación y factores geológicos. Por lo tanto, poder identificar un suelo susceptible al colapso es difícil, ya que existen diferentes tipos de materiales y factores que ayudan a este fenómeno. Uno de los parámetros más relevantes es el incremento de agua, que provoca la anulación de las fuerzas interarticulares e induce al cambio de la estructura del suelo y en los esfuerzos, disminuyendo el volumen del suelo lo cual es un indicativo de que se presenta en fenómenos de colapso, permite estimar el colapso. La distribución del tamaño de las partículas depende de su composición mineral y el ambiente de formación. Hay una gran variedad de enfoques para medir el potencial de colapso de los suelos, incluidos los métodos de laboratorio y los métodos de campo. El método más utilizado y recomendado para la identificación de los suelos colapsables es el edómetro. La principal ventaja de este ensayo es que

se pueden controlar y medir los tres factores más importantes que afectan el potencial de colapso: grado de saturación, densidad seca y esfuerzo por sobrecarga. Con el uso de esta técnica, es posible predecir el comportamiento hidrodinámico e hidrostático, acoplado a algunas variables básicas (p. ej. gradación y morfología). El comportamiento hidrodinámico está relacionado con la estructura y composición mineralógica y el hidrostático se produce por la fricción no drenada durante el movimiento y arrastre del suelo hasta alcanzar una relación de vacíos baja (colapso). A diferencia de la técnica por hidrometría convencional ya que normalmente se acierta al interpretar los resultados mediante las cartas que tienen las diferentes normas (ASTM, USCS). Esta técnica también es económica y fácil de conseguir. Sin embargo, para que los resultados sean confiables es necesario tener un riguroso control en el momento del ensayo.

Barisoglu et al., (2025) en su artículo “Utilizing construction and demolition waste in soft soil stabilization: A prediction model for enhanced strength and stiffness”. Las variables estudiadas fueron el contenido de cemento, la relación agua-cemento (w/c), el tiempo de curado y el contenido de RM. La población estuvo compuesta por muestras de suelos de turba y arcilla obtenidas de Ostende, Bélgica. La muestra incluyó 296 muestras de suelos (152 de arcilla y 144 de turba). El procedimiento metodológico incluyó pruebas de UCS y FFR, y la aplicación de modelos ANN para predecir las propiedades de los suelos estabilizados. Los resultados mostraron que la relación w/c , el contenido de cemento y el tiempo de curado son factores clave en el comportamiento de los suelos estabilizados. La conclusión principal es que el modelo ANN puede predecir con precisión las propiedades mecánicas de los suelos estabilizados, lo que ofrece una alternativa eficiente y menos costosa a las pruebas experimentales tradicionales.

Hou et al., (2025) el objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad de la estabilización de suelos marinos mediante el uso de agregados reciclados (AR) y óxido de magnesio (MgO), con un enfoque en mejorar las propiedades del suelo y promover el secuestro de CO_2 . Las variables estudiadas incluyen la proporción de AR y MgO , las condiciones de curado, la humedad dinámica, el pH y el tiempo de

curado. La población consistió en suelos marinos dragados, y se utilizaron diferentes mezclas de AR y MgO bajo diversas condiciones experimentales. El procedimiento metodológico incluyó microscopía electrónica de barrido, difracción de rayos X y ensayos uniaxiales para evaluar las propiedades mecánicas y microestructurales. Los resultados mostraron que el tratamiento combinado de AR-MgO alcanzó una estabilidad mecánica superior (1,28–3,02 MPa) y una capacidad de secuestro de CO₂ de hasta 11 g/kg. La conclusión principal es que esta técnica de estabilización ofrece una solución sostenible para mejorar la infraestructura y reducir las emisiones de carbono, promoviendo el reciclaje de residuos

Maheepala et al., (2024) en el artículo “Mix optimization for expansive soil stabilized with a novel waste material-based geopolymerization approach”. Las variables estudiadas fueron la relación NaOH/RHA, la molaridad de NaOH y la duración de la mezcla, evaluando su efecto en la resistencia del suelo y la presión de hinchamiento. La población consistió en suelos expansivos, y la muestra fue determinada por las condiciones de curado y los factores experimentales previamente mencionados. El procedimiento metodológico empleó el diseño experimental Taguchi, con pruebas realizadas a diferentes temperaturas de curado y períodos de curado. Los resultados mostraron que una relación NaOH/RHA de 0,6, molaridad de 3 mol/L, y 40 minutos de mezcla a 30 °C fueron ideales para obtener alta resistencia y reducir el hinchamiento en un 28 %. La sustitución del Na₂SiO₃ comercial por silicato de RHA fue un 89 % más económica y redujo la huella de carbono en un 70 %. La conclusión principal es que este enfoque ofrece una solución sostenible y rentable para la estabilización de suelos expansivos, promoviendo la gestión eficiente de residuos.

Zeballos, (2022) el objetivo de este estudio es determinar la capacidad de soporte de la subrasante mediante parámetros geotécnicos aplicados a la carretera rural EMP. PE-15, contribuyendo al diseño adecuado de la vía. Se estudiaron variables como los parámetros geotécnicos de los suelos, la granulometría y la resistencia del suelo. La población corresponde a suelos de la subrasante de esta ruta, con una muestra seleccionada mediante calicatas ubicadas a lo largo de la vía.

La metodología incluye ensayos de laboratorio y estudios de campo, utilizando equipos como el penetrómetro y el ensayo CBR (California Bearing Ratio). Los resultados indican que los suelos de la subrasante tienen una capacidad de soporte variable, influenciada por su composición y compactación. En conclusión, la aplicación de estos parámetros es fundamental para garantizar la estabilidad y durabilidad de la carretera, optimizando su diseño y eficiencia.

2.2 NORMATIVA VIGENTE

- **Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos, RD.N°10-2014-MTC/14;** establece pautas para estudios de exploración de suelos, clasificación de materiales, estabilidad de estructuras de pavimento, drenaje y otros aspectos claves de ingeniería vial, Su finalidad es proporcionar criterios homogéneos en materia de suelos y pavimentos que faciliten el diseño de las capas superiores y la superficie de rodadura en carreteras pavimentadas y no pavimentadas, dotándolas de estabilidad estructural para lograr un mejor desempeño técnico-económico.
- **Manual de carreteras- Especificaciones técnicas generales para la construcción: R.D. N°22-2013-MTC/14,** constituye un documento normativo fundamental que establece los lineamientos técnicos y administrativos que deben regir la ejecución de obras viales en el país. Su objetivo principal es uniformizar los criterios de construcción de carreteras, asegurando que todos los proyectos de infraestructura vial se desarrollen bajo los mismos estándares de calidad, seguridad y eficiencia. El manual define las especificaciones mínimas de materiales, procedimientos constructivos, control de calidad, medición y formas de pago, aplicables a los diferentes componentes de una carretera, como la explanación, afirmados, bases, sub-bases, pavimentos y obras complementarias. Asimismo, establece disposiciones sobre seguridad laboral, protección ambiental, mantenimiento del tránsito y manejo de materiales, garantizando la correcta ejecución y fiscalización de las obras. En conjunto, el EG-2013

busca promover la durabilidad y funcionalidad de las vías, optimizando los recursos públicos y privados destinados al sector transporte, y consolidando una gestión técnica estandarizada conforme al Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial.

- **NTP.** -El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) elabora y aprueba las Normas Técnicas Peruanas (NTP), que son documentos oficiales que establecen especificaciones, procedimientos y criterios técnicos estandarizados para garantizar la calidad, seguridad y consistencia de los materiales, productos y procesos utilizados en diversos ámbitos de la ingeniería y la industria. El objetivo de las NTP en los campos de la geotecnia y la ingeniería civil es estandarizar y regular los procedimientos de ensayo y control de suelos, de modo que sus características mecánicas y físicas puedan evaluarse utilizando normas coherentes y comparables con normas internacionales como AASHTO o ASTM. Dado que especifican los métodos para ensayos como la determinación de la distribución granulométrica (NTP 339.128), los límites de consistencia (NTP 339.144), la compactación Proctor estándar o modificada (NTP 339.113), el índice CBR (NTP 339.127) y la determinación de la densidad y la humedad in situ (NTP 339.129), entre otros, estas normas son esenciales para el control de calidad de los suelos utilizados en proyectos de infraestructura vial. Los requisitos del Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014) y de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013) pueden cumplirse evaluando la calidad y la capacidad portante de los suelos de cimentación, las subrasantes y los materiales de terraplenes mediante el uso de NTP en proyectos de carreteras o pavimentos.
- **Norma Técnica CE.010 “Pavimentos Urbanos”**, perteneciente al Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú, tiene como propósito establecer los criterios técnicos y requisitos mínimos que deben cumplirse en el diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación, rotura y reposición de pavimentos urbanos, con el fin de garantizar su durabilidad,

funcionalidad y seguridad estructural durante su vida útil. Su alcance comprende todas las obras de pavimentación dentro del ámbito urbano incluyendo calles, avenidas, pasajes, veredas, estacionamientos y áreas de tránsito vehicular o peatonal, y es de aplicación obligatoria para entidades públicas, privadas y profesionales que intervienen en proyectos viales urbanos. La norma aborda de manera integral aspectos como la investigación y caracterización de suelos, el diseño estructural de los pavimentos (ya sean flexibles, rígidos o adoquinados), las especificaciones de materiales y procedimientos constructivos, así como los ensayos de control de calidad necesarios para garantizar el cumplimiento de los parámetros técnicos exigidos. Además, regula los procedimientos para la rotura y reposición de pavimentos debido a la instalación o mantenimiento de servicios públicos subterráneos, buscando que las intervenciones posteriores no afecten el desempeño del pavimento original. En conjunto, la CE.010 constituye una herramienta normativa esencial que promueve la uniformidad y eficiencia técnica en la infraestructura vial urbana del país, asegurando la correcta planificación, ejecución y conservación de los pavimentos conforme a las condiciones de tránsito, clima y suelos propias de cada localidad.

- **N-CTR-CMT-1-04-002/21** “Construcción de Terracerías – Terraplenes”, emitida por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT), establece los procedimientos constructivos, controles de calidad y criterios de aceptación que deben aplicarse en la formación y compactación de terraplenes dentro de obras carreteras y de infraestructura terrestre. Su propósito es garantizar que los terraplenes proporcionen una base estable, resistente y uniforme sobre la cual se apoyen las capas estructurales del pavimento. Esta norma complementa directamente a la N-CMT-1-04/21, que define las propiedades que deben cumplir los materiales, precisando aquí las etapas constructivas, desde la preparación de la superficie de apoyo, la colocación y distribución de capas de material, hasta su compactación y control de humedad conforme a los parámetros de laboratorio.

- **N-CMT-1-03/21** “Materiales para Terracerías – Materiales para Subrasante”, emitida por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) de México, establece los requisitos técnicos, propiedades físicas y criterios de calidad que deben cumplir los materiales destinados a la construcción o mejora de la subrasante en proyectos carreteros. Esta norma tiene como propósito asegurar que los suelos empleados como subrasante proporcionen una base uniforme, estable y con capacidad de soporte suficiente para recibir las capas estructurales superiores del pavimento. En ella se especifican los parámetros mínimos aceptables que debe cumplir el material, tales como la granulometría, límites de Atterberg (límite líquido e índice plástico), contenido de finos, humedad natural, densidad seca máxima y valor CBR, además de indicar los ensayos de laboratorio y de campo que se deben realizar conforme a los métodos oficiales de la SICT. Asimismo, la norma define los criterios de clasificación y aceptación o rechazo del suelo natural o de préstamo, con base en su tipo y comportamiento geotécnico. Cuando los materiales del terreno presentan valores de CBR por debajo del mínimo establecido o una plasticidad excesiva, la norma establece la necesidad de aplicar métodos de estabilización o sustitución con materiales más competentes, garantizando así la integridad estructural de la vía.

2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS

- **Análisis de condiciones ambientales:**

El estudio de las condiciones ambientales es fundamental en la planificación de proyectos geotécnicos, ya que factores como la temperatura, humedad y precipitaciones tienen un impacto directo en el comportamiento de las subrasantes. En Junín, las variaciones climáticas durante el año pueden modificar la estabilidad y resistencia de los suelos. Por ejemplo, en la temporada de lluvias, la saturación del suelo puede disminuir su capacidad para soportar cargas, incrementando su tendencia a deformarse. Además, las variaciones térmicas y las heladas pueden

causar expansión y contracción en los suelos arcillosos, lo que afecta su desempeño bajo carga. Evaluar estos factores con precisión permite anticipar posibles riesgos y aplicar soluciones adecuadas para asegurar la estabilidad de las estructuras a largo plazo (Matencios, 2023).

Además de los aspectos climáticos, el análisis hidrogeológico es esencial al estudiar las subrasantes. La presencia de agua subterránea y las condiciones de drenaje en Junín afectan la compactación y deformación de los suelos. En áreas con un nivel freático alto, el suelo puede perder su cohesión, lo que genera asentamientos y posibles fallas estructurales. Por lo tanto, es vital monitorear el comportamiento del agua subterránea para entender su influencia en la estabilidad de las subrasantes antes de aplicar soluciones como las sustituciones parciales. La inclusión de estos factores ambientales en el diseño facilita una optimización más efectiva y duradera de las subrasantes, adaptada a las condiciones locales (Velita, 2025).

- Capacidad portante del suelo:

La capacidad portante del suelo es un aspecto clave en la ingeniería geotécnica, ya que indica cuánta carga puede soportar un suelo sin sufrir fallas o deformaciones excesivas. Este parámetro es fundamental al diseñar infraestructuras como puentes, edificios y carreteras, pues asegura que el terreno pueda resistir el peso sin comprometer la estabilidad de la estructura. Factores como el tipo de suelo, su densidad, humedad y la profundidad del nivel freático influyen directamente en la capacidad portante. Los suelos arcillosos o limosos, por ejemplo, tienen una capacidad portante inferior a la de los suelos rocosos o arenosos, debido a su mayor capacidad de compresión y variabilidad bajo cambios de humedad (Cairo, 2014).

Para determinar la capacidad portante, se realizan pruebas de carga y cálculos basados en características del suelo como su resistencia y compacidad. En terrenos con baja capacidad portante, se pueden utilizar soluciones como la estabilización del suelo, la implementación de pilotes o la mejora de las subrasantes.

Una correcta evaluación de la capacidad portante permite optimizar el diseño de cimentaciones, reduciendo así el riesgo de asentamientos no deseados o fallas estructurales. Este análisis es esencial en proyectos de construcción, sobre todo en suelos problemáticos, ya que garantiza la seguridad y durabilidad de las infraestructuras en el largo plazo (Díaz & Espinosa, 2020).

- Criterios geotécnicos:

Los criterios geotécnicos son principios esenciales para analizar las propiedades y el comportamiento de los suelos en proyectos de ingeniería civil. Estos incluyen aspectos como la capacidad de carga, resistencia al corte, consolidación, permeabilidad y compresibilidad del suelo, que son cruciales para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras. Además, los criterios geotécnicos consideran factores como el tipo de suelo, su humedad, densidad y cómo reacciona ante cargas y condiciones climáticas, como la temperatura o las lluvias. Evaluar estos aspectos con precisión ayuda a elegir las mejores soluciones constructivas y a anticipar posibles problemas. En proyectos de pavimentos, puentes o edificios, los criterios geotécnicos determinan las técnicas más efectivas para mejorar el terreno, como la estabilización, la sustitución de materiales o la mejora de la compactación. Estos principios son clave para tomar decisiones que prevengan problemas a largo plazo y reduzcan los costos de mantenimiento. En definitiva, los criterios geotécnicos son fundamentales para planificar y llevar a cabo proyectos de construcción que aseguren la funcionalidad y durabilidad de las infraestructuras (Cristancho & Franco, 2025).

Asimismo, se presentan los siguientes criterios conjuntamente con sus calificaciones;

Tabla 1*Rangos de Índice de consistencia y sus calificaciones*

Índice de consistencia	Estado del suelo	Consistencia del suelo	Trabajabilidad del suelo
$IC < 0$	Líquido	Muy blanda	
$0 < IC < 0.25$	Semi líquido	Blanda	No es posible compactarlo
$0.25 < IC < 0.50$	Plástico muy blando	Media	
$0.50 < IC < 0.75$	Plástico blando	Rígida	La compactación es muy difícil
$0.75 < IC < 1.00$	Plástico duro	Muy rígida	La compactación es posible
$IC > 1.00$	Sólido	Dura	La compactación es eficaz

Nota: Tomado del texto – Mecánica de suelos y sus aplicaciones en Ingeniería (Jose A. Jiménez Salas, 1951)

Asimismo, en la siguiente tabla, se presentan los rangos de calificación para el índice de compresibilidad.

Tabla 2*Rangos de Índice de compresibilidad y sus calificaciones*

Índice de Compresibilidad	Compresibilidad del Suelo
$0.00 < IC < 0.19$	Baja
$0.20 < IC < 0.39$	Media
$0.39 < IC < 0.60$	Alta

Nota: Tomado del texto – Mecánica de suelos y cimentaciones (Carlos Crespo Villalaz, 2004)

De igual manera, en la siguiente tabla, se presentan los rangos de calificación para el índice de liquidez.

Tabla 3*Rangos de Índice de liquidez y sus calificaciones*

Índice de Liquidez	Comportamiento del Suelo
IL < 0	Sólido. No se puede amasar
0 < IL < 1	Plástico
IL > 1	Masa viscosa

Nota: Elaboración propia

A continuación, se presentan los rangos de calificación para valor de CBR.

Tabla 4*Rangos de Valor de soporte CBR y sus calificaciones*

Categoría de Subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota: Tomado del Manual de carreteras – Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección Suelos y pavimentos

- Comportamiento del suelo bajo carga:

El comportamiento del suelo bajo carga es crucial en la ingeniería geotécnica, ya que indica cómo el suelo responderá cuando se le apliquen cargas externas. Este comportamiento depende de factores como el tipo de suelo, su compactación, humedad y las condiciones ambientales, y se refleja en deformaciones, asentamientos o incluso rupturas. Los suelos con alta plasticidad, como los arcillosos, son más propensos a deformarse bajo carga, lo que puede causar asentamientos excesivos y poner en riesgo la estabilidad de las estructuras. Por otro lado, los suelos granulares, como las arenas o gravas, suelen ser más estables, pero su capacidad para soportar cargas puede verse afectada si no están

bien compactados o si están saturados. Analizar este comportamiento permite a los ingenieros diseñar cimentaciones y estructuras más adaptadas a las condiciones del terreno. Además, este análisis ayuda a prever fallas o deformaciones a largo plazo, asegurando la durabilidad y seguridad de las infraestructuras (Quiñonez, 2020).

- Estabilización del suelo:

La estabilización del suelo es un procedimiento fundamental para mejorar las características de los suelos inadecuados y hacerlos más aptos para soportar cargas de infraestructuras como carreteras, puentes o edificios. Este proceso consiste en agregar materiales estabilizantes, como cal, cemento o polímeros, que modifican la estructura del suelo, incrementando su resistencia y reduciendo su plasticidad. En áreas con suelos arcillosos o expansivos, esta técnica es especialmente relevante, ya que estos suelos tienden a cambiar de volumen con las variaciones climáticas, lo que puede afectar la estabilidad de las infraestructuras. De este modo, la estabilización convierte suelos débiles en materiales más firmes y aptos para soportar las cargas previstas sin presentar deformaciones excesivas (Berrospi, 2024).

Por otro lado, la estabilización del suelo también ayuda a reducir los costos de construcción y mantenimiento a largo plazo. Al tratar suelos inestables, se evita la necesidad de realizar excavaciones profundas o reemplazar completamente el material, lo cual puede ser tanto costoso como complicado. Además, la estabilización mejora otras propiedades del suelo, como su resistencia a la erosión y su durabilidad frente a la acción del agua. En proyectos de optimización de subrasantes inadecuadas, la estabilización prolonga la vida útil de las estructuras, reduciendo la necesidad de reparaciones frecuentes. Así, esta técnica se presenta como una solución eficiente y sostenible, especialmente en áreas con suelos problemáticos, como aquellos con alta humedad o materiales orgánicos que disminuyen la resistencia (Soto & Vieira, 2024).

- Estudio geotécnico:

El estudio geotécnico es un proceso de análisis que se realiza para conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo y las rocas en una zona específica. Este análisis es crucial en la planificación y construcción de infraestructuras, ya que permite determinar la capacidad de carga del suelo, cómo se comportará ante las cargas, la estabilidad de taludes y la presencia de agua subterránea, entre otros aspectos. Mediante pruebas en el campo y en el laboratorio, los ingenieros obtienen información esencial para tomar decisiones sobre la cimentación y otros elementos estructurales. En resumen, un buen estudio geotécnico asegura que las construcciones sean seguras, eficientes y adecuadas para el terreno en el que se levantan (Deudor, 2023).

- Evaluación de la deformabilidad del suelo:

La evaluación de la deformabilidad del suelo es esencial para comprender cómo reacciona el suelo bajo la aplicación de cargas. Esta propiedad mide la capacidad del suelo para cambiar de forma sin romperse, lo cual resulta crucial para prever asentamientos o deformaciones en las infraestructuras. En particular, los suelos con alta deformabilidad pueden experimentar asentamientos excesivos, lo que pone en riesgo la estabilidad de pavimentos, edificios o puentes (Niño & Rivera, 2025).

De igual forma, este análisis permite elegir el tipo de cimentación adecuado para cada proyecto. Por ejemplo, en suelos más deformables, puede ser necesario utilizar cimentaciones más profundas o aplicar técnicas de estabilización para evitar problemas estructurales. Al mismo tiempo, conocer cómo se deforma el suelo bajo carga ayuda a diseñar soluciones más eficientes y económicas, maximizando el uso de materiales y reduciendo el riesgo de fallos a largo plazo (Rodríguez, 2024).

- Optimización de subrasantes:

La optimización de subrasantes es un proceso clave para mejorar las características del suelo en áreas donde no cumple con los estándares necesarios para soportar cargas de manera eficiente. Este proceso se realiza utilizando técnicas como la estabilización, la incorporación de aditivos o la sustitución parcial de materiales, con el objetivo de aumentar la capacidad portante del suelo. Al hacerlo, se evita que las infraestructuras sufran fallas o deformaciones que puedan comprometer su estabilidad a largo plazo (Díaz & Espinosa, 2020)

Además de incrementar la capacidad de carga del terreno, la optimización de subrasantes también tiene beneficios económicos importantes. Al mejorar la calidad del suelo, se reduce la necesidad de intervenciones costosas y frecuentes, como reparaciones de pavimentos o reforzamiento de cimentaciones. Esto permite que las infraestructuras sean más duraderas y resistentes, lo que, a su vez, extiende su vida útil sin generar costos adicionales elevados (Choque, 2024).

- Propiedades físicas del suelo

Son las particularidades del suelo en relación a su uso, donde generalmente se consideran: humedad natural, granulometría y la consistencia del suelo, con el fin de poder clasificar el tipo de suelo (Gonzales, 2018).

- Propiedades mecánicas del suelo

Hace referencia a las particularidades de resistencia que tiene el terreno por efecto de la colocación de fuerzas externas sobre este, todo ello determinado bajo condiciones controladas de ensayos (Huancoillo, 2017).

- Subrasantes inadecuadas:

Las subrasantes inadecuadas son suelos que no tienen la capacidad necesaria para soportar las cargas de las infraestructuras, como pavimentos, carreteras o

edificios. Estas subrasantes pueden tener problemas como una baja capacidad de carga, excesiva compresibilidad o una mayor tendencia a deformarse, lo que puede poner en peligro la estabilidad de las construcciones. Factores como la presencia de suelos expansivos, materiales orgánicos, alta humedad o una mala compactación son comunes en subrasantes inadecuadas. Por ello, es esencial identificar y evaluar estos problemas para corregirlos antes de construir cualquier infraestructura (Paitán & Monge, 2025).

La mejora de subrasantes inadecuadas es clave para asegurar la durabilidad y seguridad de las infraestructuras. Una vez que se identifican las áreas problemáticas, se pueden aplicar soluciones como estabilizar el suelo, sustituir parcialmente los materiales o mejorar la compactación. Estas medidas ayudan a incrementar la capacidad de carga del suelo y a disminuir su deformabilidad, reduciendo el riesgo de fallas estructurales. Además, optimizar las subrasantes contribuye a reducir los costos a largo plazo al disminuir la necesidad de mantenimiento. Así, el tratamiento adecuado de las subrasantes asegura infraestructuras más estables, eficientes y sostenibles (Acevedo & Hurtado, 2024).

- Sustituciones parciales:

Las sustituciones parciales son un método usado en ingeniería geotécnica para mejorar la calidad de suelos inadecuados sin necesidad de modificar completamente el terreno. Este procedimiento consiste en reemplazar una porción del suelo problemático con materiales más adecuados, como grava, arena o tierra estabilizada. Se utiliza principalmente en suelos con poca capacidad de carga, alta compresión o que tienden a deformarse con facilidad. El objetivo de esta técnica es aumentar la resistencia, estabilidad y durabilidad del suelo en las zonas más débiles o problemáticas. Además de ser más económico que excavar y reemplazar todo el terreno, las sustituciones parciales tienen la ventaja de no generar grandes cambios en el entorno. Es una solución práctica para proyectos como pavimentación, cimentación de edificios o construcción de puentes, ya que mejora la calidad del terreno sin necesidad de realizar grandes obras. También es una alternativa más

ecológica, ya que se pueden usar materiales locales o reciclados, reduciendo el impacto ambiental. En general, esta técnica asegura la estabilidad de las infraestructuras a largo plazo, disminuyendo el riesgo de fallas o asentamientos (Morales, 2021).

- Subrasante

Es la capa de suelo de una carretera que apoya la estructura de pavimento, compactada y preparada, que se dispersa hasta una profundidad que no provoque la carga de diseño que pertenece al tránsito previsto. (Alatríste Cruz, 2018)

- Suelo arcilloso

Es aquel suelo que predomina la arcilla por encima de otras partículas de distintas dimensiones, por lo son sólidas y presentan un diámetro no más del 0.005 mm. (Alvarez Benites & Gutierrez Gallegos, 2020)

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA

3.1.1. Tipo de investigación

Según, Risso Gauchi (2017), “La investigación aplicada tiene por objeto resolver un determinado problema o un planteamiento específico que se enfoca en la búsqueda y una consolidación del conocimiento para aplicarlo”. En la presente investigación se busca resolver un problema real de la investigación con el objeto de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de subrasantes inadecuadas al sustituir parcialmente al suelo, en base a un análisis experimental para reducir problemas de inestabilidad y la aplicación de normativas vigentes. De acuerdo al párrafo anterior, la presente investigación es de tipo aplicada.

3.1.2. Nivel de investigación

Según Espinoza Montes (2014), estima que el nivel de investigación Explicativo “adrede encontrar las relaciones de causa y efecto entre las variables del objeto de estudio”. Por lo tanto, el investigador no manipula las variables. En algunas investigaciones se determinará la correlación de las variables sin encontrar causalidad, aunque desde el punto de vista sistémico, existe relación entre las variables que conforman un objeto o sistema” (pág. 90). En la investigación se procura dar a conocer los efectos del empleo de estabilizadores químicos para evaluar las propiedades durante la estabilización de suelos arcillosos. Según el análisis, el nivel que se empleó en la presente investigación es nivel explicativo.

3.1.3. Justificación del enfoque aplicado

La elección del enfoque cuantitativo se justifica por la naturaleza técnica y empírica de la ingeniería geotécnica, donde la toma de decisiones se basa en la medición precisa de variables físicas y mecánicas.

El enfoque aplicado en la presente investigación se fundamenta en la necesidad de evaluar el comportamiento geotécnico de la subrasante y determinar la necesidad de su mejoramiento mediante la aplicación de criterios técnicos basados en parámetros geotécnicos y estructurales del suelo.

3.2 DISEÑO DEL PROYECTO

3.2.1 Etapas del proyecto

- Pre campo: se elaboró fichas de recolección de datos y se planifico la distribución de calicatas
- Campo: Se realizo en las siguiente sub etapas; exploración de campo, muestreo de suelo y análisis con ensayos de laboratorio y procesamiento de resultados (datos)
- Gabinete: Se aplico y evaluó mediante la aplicación de criterios geotécnicos, asimismo se contrasto con las normativas vigentes.
- Verificación y puntos de control: Se realizo el correspondiente control de calidad y la verificación de la optimización de subrasante.
- Elaboración de informe: Contemplo la elaboración del marco teórico; elaboración del marco metodológico, redacción de los resultados, discusiones, conclusiones, recomendaciones y anexos.

3.2.2 Herramientas y/o software utilizado

Excel: Es un programa informático de hojas de cálculo que permiten desarrollar operaciones matemáticas básicas hasta análisis estadísticos complejos, cálculos de ingeniería y gráficos dinámicos.

Aashto 93: El programa AASHTO 93 (también conocido como AASHTO 1993 o AASHTO Pavement Design 93) es una herramienta de diseño estructural de pavimentos basada en la Guía de Diseño de Pavimentos de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) publicada en el año 1993. Su propósito es determinar el espesor adecuado de las capas que conforman un pavimento —ya sea flexible (asfalto) o rígido (concreto)— para que soporte las cargas del tránsito vehicular durante un período de diseño determinado, bajo ciertas condiciones de suelo, clima y nivel de servicio.

Dispav: Es un software mexicano, desarrollado por el instituto mexicano del transporte con finalidad de determinar los espesores óptimos de las capas estructurales del pavimento en función al tránsito proyectado, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y los materiales para cada capa.

3.3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y FACTIBILIDAD

La presente investigación será una alternativa técnicamente viable, económicamente rentable, socialmente beneficiosa y ambientalmente aceptable;

Desde el punto de vista técnico, la sustitución del suelo es un método altamente factible y existe disponibilidad de materiales adecuados de préstamo en zonas cercanas. La factibilidad se justifica por la simplicidad constructiva, la previsibilidad del comportamiento del terreno mejorado y el cumplimiento de los requisitos normativos establecidos en el Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2014), que recomienda esta práctica cuando el CBR del suelo natural es menor al 6 %.

En el ámbito social, la ejecución del mejoramiento del suelo genera impactos positivos significativos. La obra promueve la contratación de mano de obra local, dinamizando la economía en el entorno del proyecto, asimismo, contribuye a mejorar la seguridad vial y la conectividad de las comunidades, al garantizar la estabilidad y funcionalidad de las futuras obras viales o edificaciones

Desde el punto de vista económico, la sustitución de suelos presenta una relación costo-beneficio favorable frente a otros métodos más complejos de mejoramiento (como estabilización con cal o cemento).

Desde el punto ambiental, este método no utiliza productos químicos ni genera residuos peligrosos, por lo que su impacto ambiental es moderado y controlable. Con una gestión adecuada de polvo, ruido y escorrentía superficial, el mejoramiento por sustitución puede considerarse ambientalmente sostenible.

3.4 PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN

3.4.1 Cronograma de actividades

La tabla 5 presenta con mayor precisión el plan de ejecución y el cronograma de las acciones que se llevó a cabo en la investigación.

Tabla 5

Cronograma de actividades de ejecución de la investigación.

N.º	Actividades.	Tiempo (meses) 2025-2026					
		O	N	D	E	F	M
1	<i>Planificación del plan de investigación.</i>						
1.1	Planteamiento del problema.	X					
1.2	Marco teórico.	X					
1.3	Diseño metodológico.	X					
1.4	Presentación del plan de investigación.	X					
2	<i>Autorización de ejecución.</i>						
2.1	Presentación a Dirección de Investigación de la EPG.	X					
2.2	Aprobación.		X				
3	<i>Ejecución del proyecto de investigación.</i>						
3.1	Preparación de instrumentos.		X				
3.2	Validación de instrumentos.		X				
3.3	Selección de muestras.			X			
3.4	Toma de datos de campos.				X		
3.5	Toma de datos de laboratorio.				X		
3.6	Sistematización y organización de datos.					X	
3.7	Análisis e interpretación de datos.					X	
4	<i>Redacción de la tesis.</i>						
4.1	Redacción del informe.					X	
4.2	Conclusiones y sugerencias.					X	

3.4.2 Asignación de recursos

La tabla 6 presenta la distribución de los recursos y el costo estimado de llevar a cabo esta investigación.

Tabla 6

Costos a precios reales de la ejecución de la investigación.

Rubro	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario	Precio sub total
1. Personal				
-Personal de apoyo lab. (global)	Mes	2	1500	3000
2. Material y Equipo				
-Lapiceros.	Und.	5	2	10
-Papel bond 80g. A4.	Millar	2	21	42
-Folder.	Und.	8	1	8
-Tinta de impresora.	Und.	1	200	200
-Fotocopiado de hojas.	Ciento	4	10	40
-USB (16 GB).	Und	1	20	20
-Computadora portátil.	Und.	1	3500	3500
-Impresora.	Und.	1	400	400
-Textos.	Und.	5	100	500
-Normativas NTP	Und.	5	90	450
3. Servicios				
-Internet. (horas)	Hrs.	30	1	30
-Ensayos de laboratorio.	Glb.	25	260	6500
-Impresión informe.	Und.	6	8	48
-Refrigerio.	Glb.	3	30	90
-Tipeo de proyecto.	Und.	1	40	40
-Tipeo del informe.	Und.	1	80	80
4. Otros				
-Pasajes y refrigerios.	Glb.	1	1200	1200
Total, S/.				16158

3.4.3 Costos y financiamiento

Cabe señalar que, para el desarrollo de este estudio, se hará uso parcial de información técnica proveniente del expediente del proyecto: Mejoramiento del Circuito Vial Chupaca – Sicaya – Vicso – Aco – Mito, la cual será utilizada como

base referencial para el análisis y desarrollo de los subcapítulos correspondientes. El uso de esta información permitió optimizar los recursos necesarios para la investigación. En cuanto al financiamiento, la presente investigación fue desarrollada principalmente con recursos propios del investigador, destinados a cubrir gastos relacionados con movilidad para trabajo de campo, parte de ensayos de laboratorio, procesamiento de información, materiales de oficina y elaboración del documento de tesis.

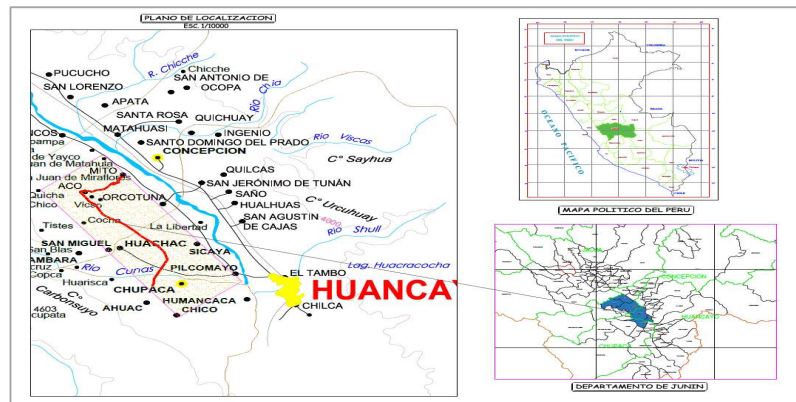
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 INFORMACIÓN PRELIMINAR, CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y EXPERIMENTACIÓN.

El proyecto de investigación se ubica en el distrito de Sicaya, provincia de Huancayo, departamento de Junín, en la zona central del Perú, dentro del valle del Mantaro. El área de estudio comprende un tramo de vía urbana localizado dentro del ámbito territorial del distrito, el cual se caracteriza por presentar una actividad predominantemente agrícola en sus alrededores, con la presencia de terrenos de cultivo y canales de riego utilizados para el abastecimiento hídrico de las parcelas colindantes. Geográficamente, la zona se sitúa aproximadamente en las coordenadas UTM Este 474000 m y Norte 8669000 m, en el sistema WGS84, zona 18 Sur, a una altitud promedio de 3270 m s.n.m. Asimismo, el área presenta condiciones climáticas típicas de la sierra central, con periodos de precipitación estacional que influyen directamente en el comportamiento geotécnico de los suelos que conforman la subrasante de la vía evaluada.

Figura 1

Ubicación del área de estudio



4.1.1. Caracterización del área de estudio

En el distrito de Sicaya, ubicado a más de 3 200 m s.n.m. en el valle del Valle del Mantaro, el clima se caracteriza por una marcada estación de lluvias que abarca aproximadamente desde octubre hasta abril, y una estación seca entre mayo y septiembre. Durante la temporada de lluvias, la humedad relativa supera el 75 % y las precipitaciones se concentran en los meses de enero a marzo, lo cual favorece la saturación del suelo y reduce su capacidad de soporte. Esta condición tiene un efecto directo sobre la subrasante de la vía, pues el agua infiltrada o estancada aumenta la humedad natural del suelo, reduce su densidad seca compactada, disminuye el CBR efectivo y predispone a fenómenos de bombeo, asentamiento y pérdida de soporte. En consecuencia, en el diseño y mantenimiento de la plataforma vial debe considerarse la gestión de drenaje superficial y subsuperficial, así como espesores de mejoramiento adicionales en los tramos con evidencia de saturación.

4.1.2. Datos complementarios de estudio de diseño

A continuación, se presentan los parámetros de diseño empleados para el cálculo del Número Estructural (SN), utilizando la metodología de diseño de

pavimentos flexibles propuesta por la American Association of State Highway and Transportation Officials en la guía AASHTO 1993.

Tabla 7

Parámetros de diseño de pavimento flexible del tramo evaluado

ESAL	503739
Clasificación	TP3
Cbr de diseño	2.58%
Desviación estándar So	0.45
Factor de confiabilidad R	80%
Índice de serviciabilidad inicial	3.8
Índice de serviciabilidad final	2
Modulo resiliente (PSI)	4686
Coefficiente estructural de la capa de pavimento f.	0.17
Coefficiente estructural de la capa base granular	0.052
Coefficiente estructural de la capa Sub base granular	0.047
Coefficiente de drenaje	1

Nota: Valores tomados del expediente técnico MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA - SICAYA - VICSO - ACO – MITO, L = 22+044 KM – PROVINCIAS DE CHUPACA, HUANCAYO, CONCEPCION – JUNIN.

Los parámetros presentados fueron obtenidos del expediente técnico del proyecto: Mejoramiento del Circuito Vial Chupaca – Sicaya – Vicsó – Aco – Mito, con una longitud de 22+044 km, ubicado en las provincias de Chupaca, Huancayo y Concepción, departamento de Junín. Dichos datos serán utilizados como base para el desarrollo de los subcapítulos siguientes del presente estudio.

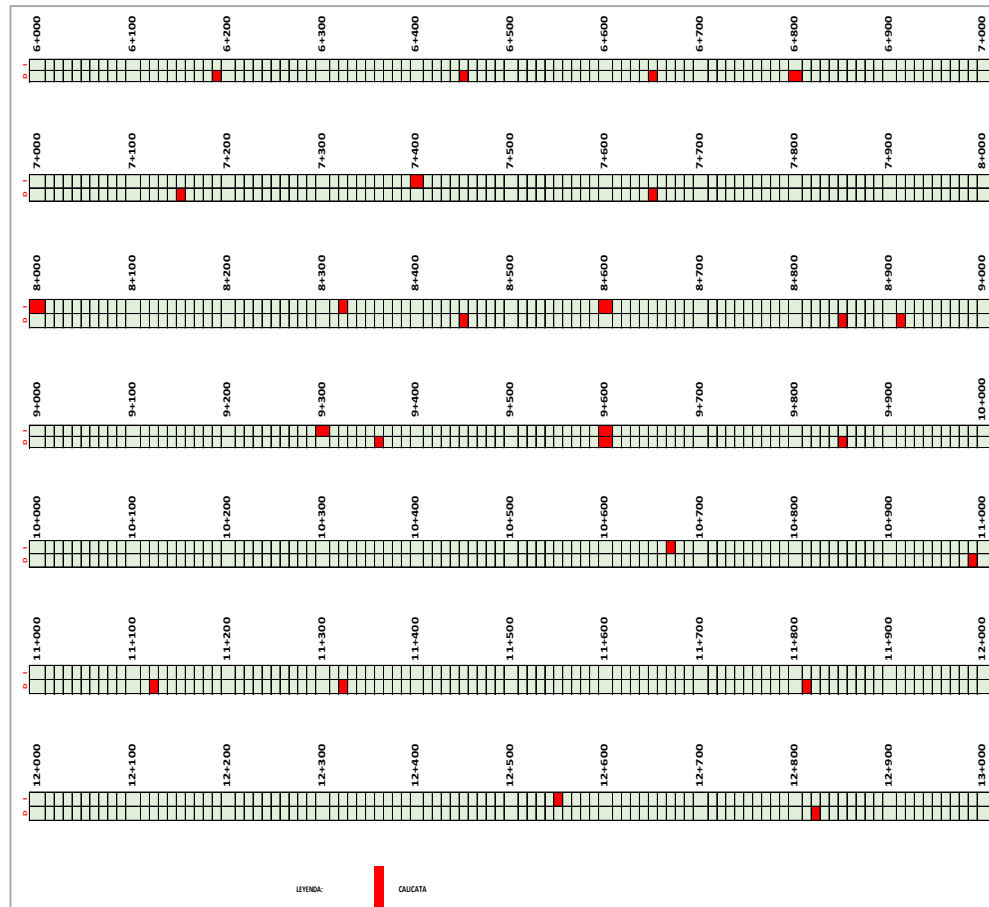
4.1.3. Sectorización de tramos a evaluar

Se considero la metodología mediante la excavación de calicatas con la profundidad normada, la obtención de muestras, y su respectivo proceso de ensayo

en laboratorio, con el fin de obtener las características físicas y mecánicas del suelo de fundación

Figura 2

Sectorización de calicatas



4.1.4. Granulometría del suelo

Se realizó el análisis granulométrico mediante la toma de muestras en puntos estratégicos ubicados en zonas desfavorables, donde se evidenció la presencia predominante de material arcilloso. En ese sentido se alcanzaron los valores que se presentan en la tabla 8, en conformidad a la NTP 339.128:2019 – Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico por tamizado.

Los resultados obtenidos evidencian que los materiales analizados presentan características propias de suelos arcillosos, clasificándose dentro del grupo de suelos limo-arcillosos según su comportamiento granulométrico y de plasticidad.

Tabla 8

Granulometría del suelo de fundación de los tramos a analizar

Muestra	Granulometría													Clasificación	
	3	2	1.5	1	0.75	3/8"	N°4	N°10	N°20	N°40	N°60	N°100	N°200	SUCS	AASHTO
06+188	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.20	95.60	94.50	93.70	92.60	90.80	88.10	84.20	CL	A-7-6
06+450	100.00	100.00	95.30	91.50	89.90	85.20	80.60	76.20	74.60	70.80	69.00	66.50	642.00	CL	A-7-6
06+650	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	96.00	94.40	93.20	92.40	91.40	90.10	88.00	83.70	CL	A-7-6
06+800	100.00	100.00	96.90	93.00	91.40	86.70	81.20	76.90	75.2	71.40	69.50	67.00	63.50	CL	A-7-6
7+150	100.00	100.00	100.00	94.60	93.30	87.60	83.00	80.10	78.80	75.30	72.60	69.70	67.50	CL	A-6(7)
7+400	100.00	100.00	100.00	100.00	95.40	90.70	86.10	81.20	78.60	72.70	69.20	66.50	54.70	CL	A-4(5)
7+650	100.00	100.00	100.00	95.10	93.60	92.30	91.20	89.90	88.50	84.50	81.70	78.70	76.30	CL	A-6(8)
8+000	100.00	100.00	100.00	100.00	99.50	95.90	93.40	91.30	90.50	88.00	86.30	84.70	83.20	ML	A-5 (12)
8+320	100.00	100.00	100.00	100.00	99.10	95.50	93.00	91.90	91.60	90.30	83.70	73.90	70.10	CL-ML	A-4 (3)
8+450	100.00	100.00	100.00	98.10	96.70	92.20	88.10	83.30	80.90	74.70	70.70	66.00	62.10	LM	A-4 (2)
8+600	100.00	100.00	100.00	94.00	91.90	87.30	84.1	81.50	79.30	76.80	74.20	71.80	70.30	CL-ML	A-4 (3)
8+850	100.00	100.00	100.00	100.00	92.90	78.70	61.20	41.20	32.80	23.20	20.50	18.00	14.80	SC	A-4(3)
9+050	100.00	100.00	100.00	99.10	99.10	92.30	86.10	75.20	70.80	64.00	61.10	57.90	53.40	CL	A-6 (4)
9+300	100.00	100.00	100.00	96.90	90.00	72.00	58.70	48.50	44.20	34.60	28.50	23.70	20.50	SC	A-2-6 (0)
9+360	100.00	100.00	100.00	96.90	90.00	72.00	58.70	48.50	44.20	34.60	28.50	23.70	20.50	SC	A-2-6 (0)
9+600	100.00	100.00	100.00	98.70	96.40	92.90	91.10	89.40	88.40	84.90	82.70	80.60	78.50	CL	A-6 (10)
9+600	100.00	100.00	100.00	98.70	96.50	92.90	91.10	89.40	88.40	84.90	82.70	80.60	78.50	CL	A-6 (10)
9+850	100.00	100.00	100.00	100.00	96.60	87.70	82.10	79.40	78.40	75.40	70.90	63.00	53.20	CL	A-6 (5)
10+680	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	95.70	92.60	88.30	85.10	79.90	77.50	75.70	74.50	CL	A-6 (7)
10+960	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.00	98.50	97.70	97.30	95.80	93.50	90.20	87.20	CL	A-6 (10)
11+120	100.00	100.00	100.00	100.00	97.60	94.10	91.90	89.60	88.40	84.30	81.60	79.30	77.80	CL	A-6 (7)
11+320	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.00	96.50	94.60	93.20	90.50	89.10	87.90	86.90	CL	A-6 (10)
11+810	100.00	100.00	100.00	97.10	96.60	92.50	88.20	83.70	81.50	77.40	74.00	71.40	69.60	CL	A-6 (7)
12+550	100.00	100.00	100.00	100.00	99.30	97.50	95.70	93.70	92.30	88.40	85.60	82.70	80.30	CL	A-6 (8)
12+820	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.30	97.00	95.40	94.60	92.50	90.00	87.30	83.80	CL	A-6 (9)

Nota: Elaboración propia.

4.1.5. Consistencia del suelo

La consistencia de la subrasante fue evaluada mediante la determinación de los límites de Atterberg, empleándose el índice de plasticidad como parámetro representativo para cuantificar el grado de plasticidad del suelo. En tal sentido se alcanzaron los valores que se presentan en la tabla 9, en conformidad a la NTP 339.129 – Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

Tabla 9

Consistencia del suelo subrasante

Muestra	Plasticidad del suelo		
	L.L	L.P	I.P (%)
06+188	44.20	24.80	19.50
06+450	43.10	23.80	19.30
06+650	44.30	24.40	19.90
06+800	43.60	23.80	19.80
7+150	32.40	17.90	14.60
7+400	32.40	22.90	9.50
7+650	30.90	17.10	13.70
8+000	43.30	29.90	13.40
8+320	24.60	19.10	5.50
8+450	24.80	21.50	3.40
8+600	23.10	16.10	7.00
8+850	30.30	19.90	10.40
9+050	32.90	18.90	14.00
9+300	31.20	19.80	11.00
9+360	31.20	19.80	11.40
9+600	34.80	20.30	14.50
9+600	34.80	20.30	14.50
9+850	38.60	20.70	17.90

10+680	33.30	21.89	11.50
10+960	31.30	17.20	14.10
11+120	31.20	19.80	11.30
11+320	32.60	20.40	12.20
11+810	32.60	17.90	14.70
12+550	32.00	20.90	11.10
12+820	33.50	21.20	12.30

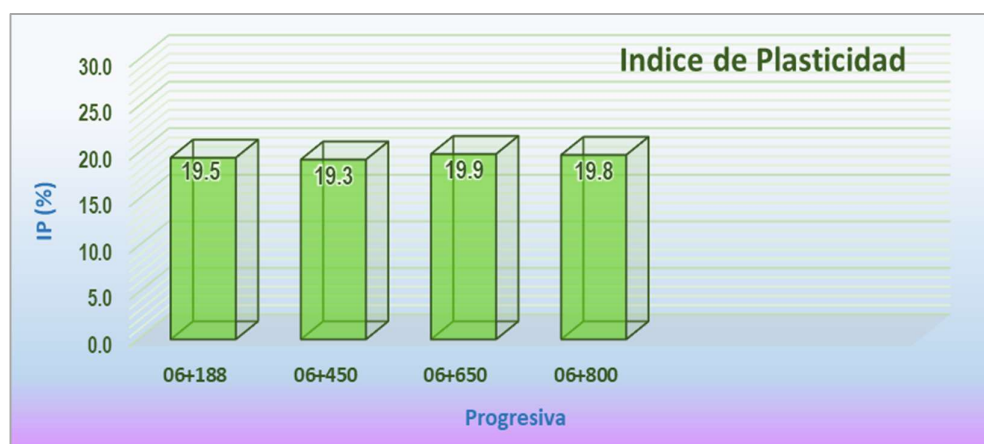
Nota: Elaboración propia.

Observándose que, valores de IP oscilan desde 3.4% clasificándose como subrasantes de plasticidad baja, hasta llegar a valores altos como 19.90% clasificándose como subrasantes de plasticidad media, estando en un rango limite cercano a subrasantes con alta plasticidad.

De los datos anteriormente mencionados (Tabla 9 Consistencia del suelo subrasante Tabla 9), se elaboran figuras por tramos, donde se aprecian con mayor claridad las plasticidades del suelo divididos en Km, asimismo se analizan los rangos a los cuales pertenecen dichas subrasantes.

Figura 3

Índice de plasticidad del suelo - km 6+000 a Km 7+000

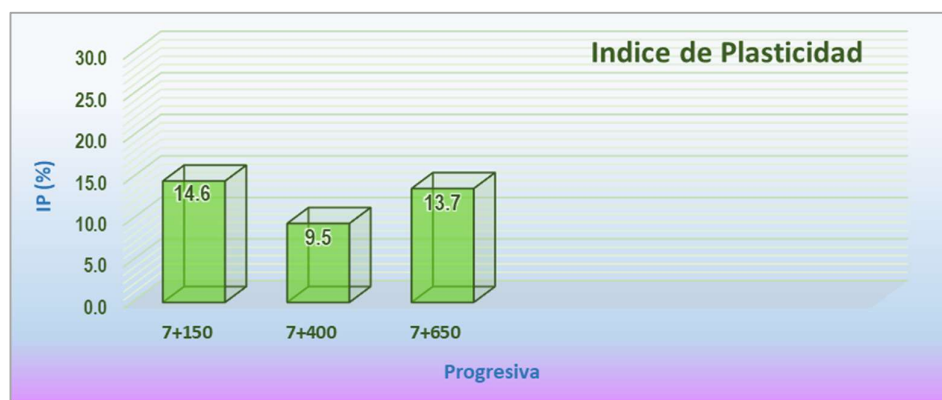


Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores del Índice de Plasticidad (IP) oscilan entre 19.3 % y 19.8 %, los cuales se clasifican como una subrasante de plasticidad media, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC.

Figura 4

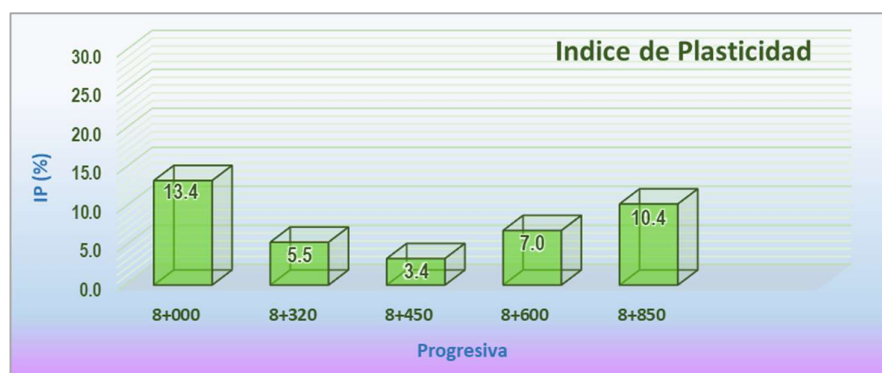
Índice de plasticidad del suelo - km 7+000 a Km 8+000



De la figura mostrada se observa que los valores del Índice de Plasticidad (IP) oscilan entre 9.5 % y 14.6 %, los cuales se clasifican como una subrasante de plasticidad media, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC.

Figura 5

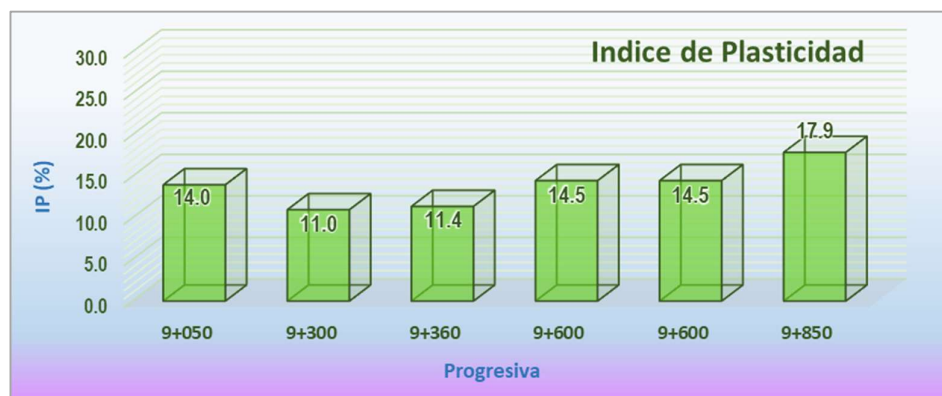
Índice de plasticidad del suelo - km 8+000 a Km 9+000



De la figura mostrada se observa que los valores del Índice de Plasticidad (IP) oscilan entre 3.4 % a 7 %, los cuales se clasifican como una subrasante de plasticidad baja, asimismo se observan valores de 10.4% y 13.4%, los cuales son clasificados como subrasantes de plasticidad media, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC.

Figura 6

Índice de plasticidad del suelo - km 9+000 a Km 10+000

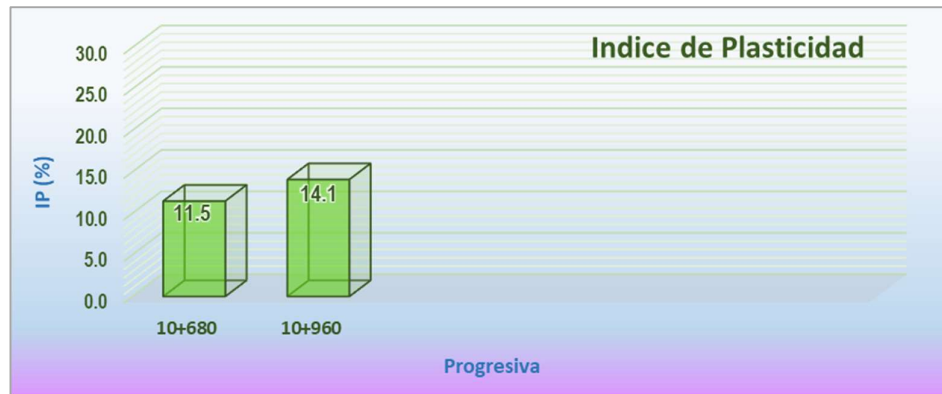


Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores del Índice de Plasticidad (IP) oscilan entre 11 % y 17.9 %, los cuales se clasifican como una subrasante de plasticidad media, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC.

Figura 7

Índice de plasticidad del suelo - km 10+000 a Km 11+000

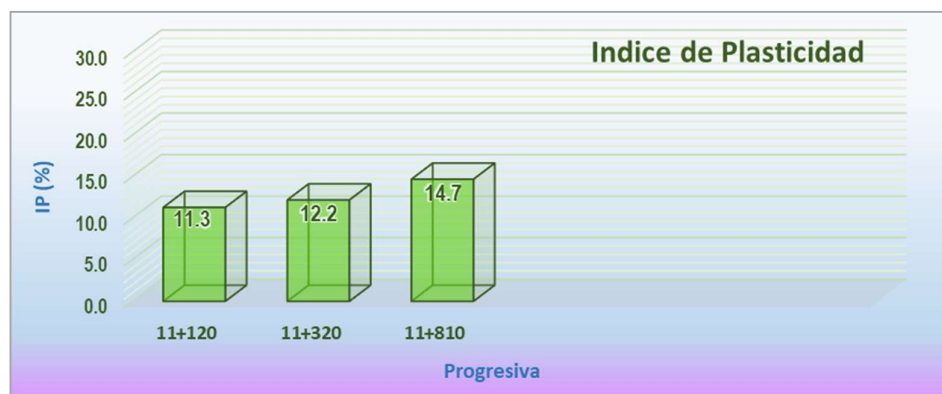


Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores del Índice de Plasticidad (IP) oscilan entre 11.5 % y 14.1 %, los cuales se clasifican como una subrasante de plasticidad media, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC.

Figura 8

Índice de plasticidad del suelo - km 11+000 a Km 12+000

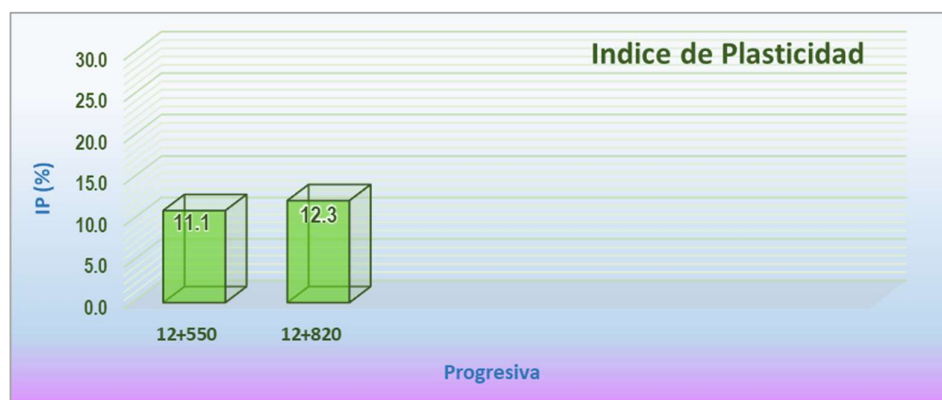


Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores del Índice de Plasticidad (IP) oscilan entre 11.3 % a 14.7 %, los cuales se clasifican como una subrasante de plasticidad media, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC.

Figura 9

Índice de plasticidad del suelo - km 12+000 a Km 13+000



Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores del Índice de Plasticidad (IP) oscilan entre 11.1 % a 12.3 %, los cuales se clasifican como una subrasante de plasticidad media, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC.

Figura 10

Índice de plasticidad del suelo – tramo total evaluado



Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se presentan los distintos valores de índice de plasticidad para el tramo a intervenir.

4.1.6. Valor de soporte del suelo

Se estableció el valor de soporte de la subrasante a través del CBR. En tal sentido se obtuvieron los resultados que se muestran en la **Tabla 10**, según la NTP 339.145 – Suelos. Método de ensayo para determinar la relación de soporte de California (CBR) en laboratorio.

Contemplando así que los valores de CBR oscilan desde CBR iguales a 3.80% hasta CBR con valores de 15.07%, dando a comprender que los suelos encontrados son subrasantes inestables (menores al 6%), hasta subrasantes medias.

Tabla 10

Valor de soporte del suelo (CBR).

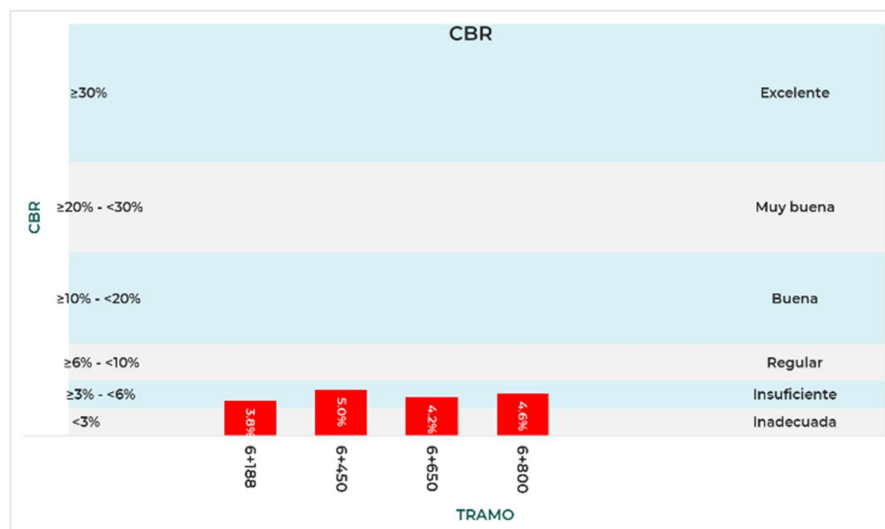
Muestra	Clasificación		Proctor		C.B.R	
Km	SUCS	AASHTO	MDS	OCH	100%	95%
06+188	CL	A-7-6	1.738	17.2	5.2	3.8
06+450	CL	A-7-6	1.801	16.6	7	5
06+650	CL	A-7-6	1.743	17.45	5.8	4.2
06+800	CL	A-7-6	1.791	16.9	6.4	4.6
7+150	CL	A-6(7)	1.741	18.97	10.28	8.73
7+400	CL	A-4(5)	1.729	18.72	11.04	8.9
7+650	CL	A-6 (8)	1.752	20.19	9.36	8
8+000	ML	A-5 (12)	1.512	21.6	6.43	4.62
8+320	CL-ML	A-4 (3)	1.848	15.21	7.01	5.01
8+450	LM	A-4 (2)	1.818	15.22	8.33	5.4
8+600	CL-ML	A-4 (3)	1.768	17.84	7.89	5.22
8+850	SC	0	1.965	10.22	17.7	14.1
9+050	CL	A-6 (4)	1.829	17.92	10.32	8.94
9+300	SC	A-2-6 (0)	1.99	10.17	16.81	15.07
9+360	SC	A-2-6 (0)	1.99	10.17	16.81	15.07
9+600	CL	A-6 (10)	1.693	17.29	11.01	9.85
9+600	CL	A-6 (10)	1.703	16.66	11.13	10.02
9+850	CL	A-6 (5)	1.722	15.49	13.33	10.53
10+680	CL	A-6 (7)	1.858	14.5	10.28	8.1
10+960	CL	A-6 (10)	1.794	15.99	8.71	6.71
11+120	CL	A-6 (7)	1.85	15.21	7.35	4.56
11+320	CL	A-6 (10)	1.795	17.03	7.89	6.32
11+810	CL	A-6 (7)	1.768	17.84	9.52	7.28
12+550	CL	A-6 (8)	1.761	15.91	9.36	7.53
12+820	CL	A-6 (9)	1.745	17.28	7.6	5.9

Nota: Elaboración propia.

De los datos anteriormente mencionados en la **Tabla 10**, se elaboran figuras por tramos, donde se aprecian con mayor claridad los valores de CBR del suelo divididos en Km, asimismo se analizan los rangos a los cuales pertenecen dichas subrasantes.

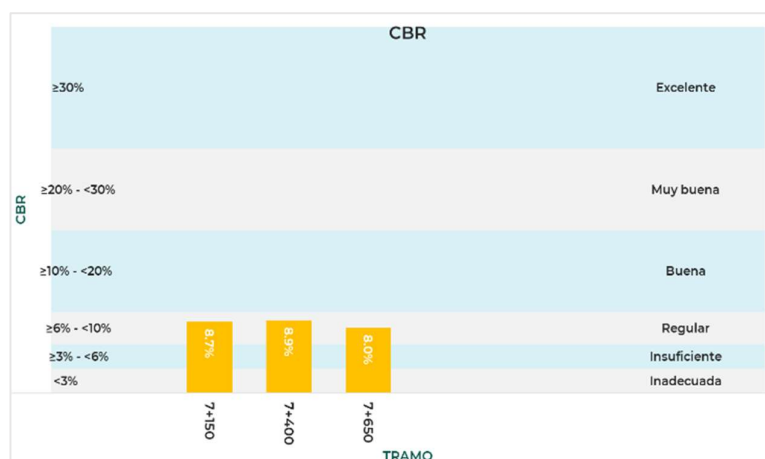
Figura 11

CBR del suelo - km 6+000 a Km 7+000



Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores de CBR oscilan entre 3.8 % a 5.0 %, los cuales se clasifican como una subrasante insuficiente, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC, cuadro 4.11 "Categorías de subrasante".

Figura 12*CBR del suelo - km 7+000 a Km 8+000***Nota:** Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores de CBR oscilan entre 8.0 % a 8.9 %, los cuales se clasifican como una subrasante regular, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC, cuadro 4.11 "Categorías de subrasante".

Figura 13*CBR del suelo - km 8+000 a Km 9+000***Nota:** Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores de CBR oscilan entre 4.6 % a 5.4 %, los cuales se clasifican como una subrasante insuficiente, asimismo un valor de 14.1% el cual se encuentra clasificado como subrasante buena, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC, cuadro 4.11 "Categorías de subrasante".

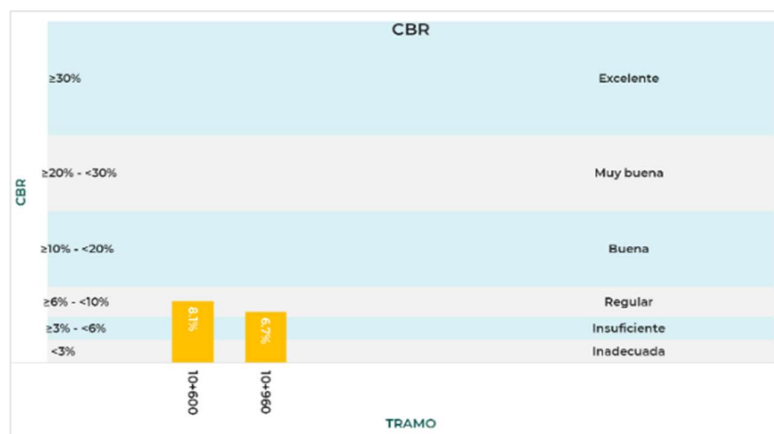
Figura 14

CBR del suelo - km 9+000 a Km 10+000

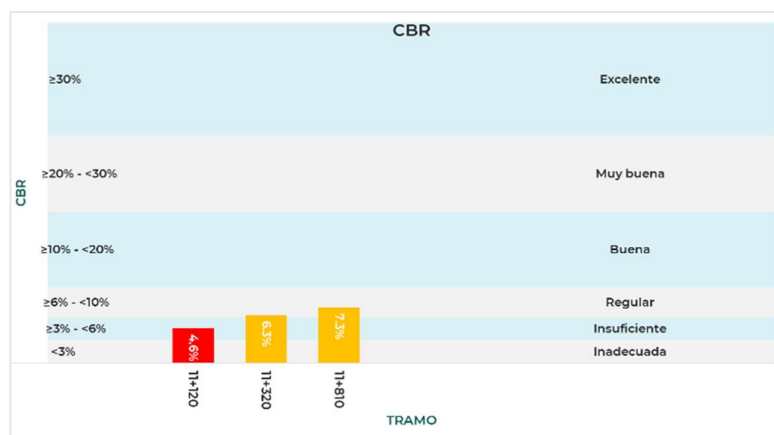


Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores de CBR oscilan entre 8.9 % a 10 %, los cuales se clasifican como una subrasante regular, asimismo valores de 10.5%, 15.1% y 15.1% respectivamente, los cuales se encuentran clasificado como subrasantes buenas, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC, cuadro 4.11 "Categorías de subrasante".

Figura 15*CBR del suelo - km 10+000 a Km 11+000***Nota:** Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores de CBR oscilan entre 6.7 % a 8.1 %, los cuales se clasifican como subrasantes regulares, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC, cuadro 4.11 "Categorías de subrasante".

Figura 16*CBR del suelo - km 11+000 a Km 12+000***Nota:** Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa que los valores de CBR oscilan entre 6.3 % a 7.3 %, los cuales se clasifican como subrasantes regulares, asimismo un valor de 4.6% clasificado como subrasante insuficiente; de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC, cuadro 4.11 "Categorías de subrasante".

Figura 17

CBR del suelo - km 12+000 a Km 13+000

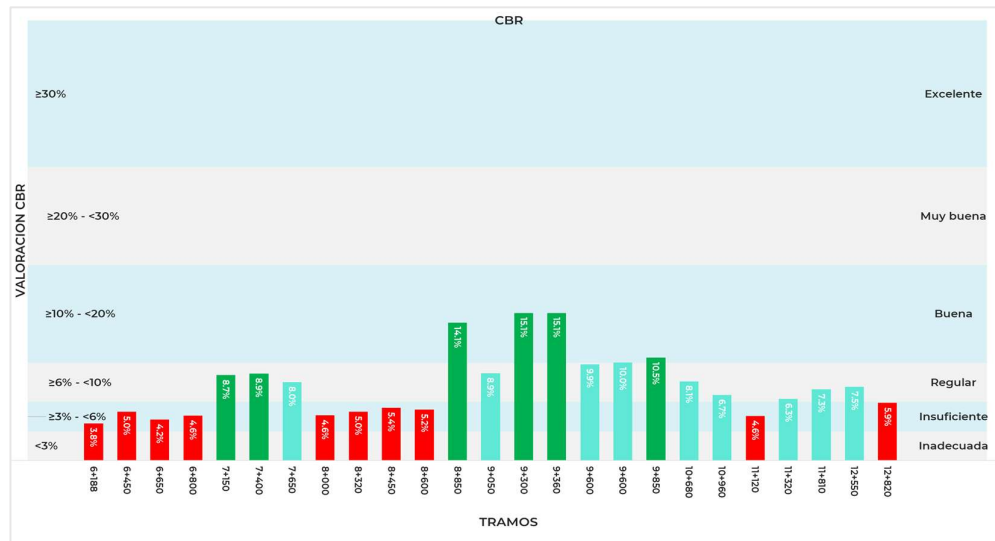


Nota: Elaboración propia.

De la figura mostrada se observa valores de CBR de 5.9% y 7.5%, asimismo se encuentran clasificado como subrasante insuficiente y subrasante regular respectivamente; de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Sección - Suelos y Pavimentos del MTC, cuadro 4.11 "Categorías de subrasante".

Figura 18

CBR del suelo – Tramo total



Nota: Elaboración propia.

De la figura 18, se observa las diferentes valoraciones de clasificación de la subrasante de acuerdo al valor de CBR.

4.2. ANÁLISIS DE IMPACTO, BENEFICIOS Y COMPARACIÓN CON CASOS SIMILARES

3.2.1. Análisis del impacto técnico social, económico y ambiental

La investigación debe tener cierta relevancia social, denotando alcance o proyección social y siendo trascendente para la sociedad. Se afirma que los estudios pueden ayudar a resolver problemas que afectan a un grupo social, por ejemplo, mediante el empoderamiento de grupos vulnerables o el estudio de técnicas que promuevan la alfabetización de grupos. La presente investigación mejora un suelo inestable mediante la sustitución parcial, el cual asegura la estabilidad del proyecto a realizarse sobre ella, asegurando más años de vida y menos problemas de mantenimientos, conllevando a una satisfacción del área usuaria.

Según Rojas Balbin (2019); la justificación ambiental destaca la relevancia de la investigación para mitigar daños ambientales, conservar recursos naturales o promover la sostenibilidad ambiental. En la presente investigación se promueve la conservación de recursos naturales y sostenibilidad ambiental mediante la aplicación de material de sustitución proveniente de cantera en su naturaleza propia, sin adicionar agentes químicos, preservando la calidad química del suelo.

3.2.2. Beneficios técnicos, económicos, sociales y científicos.

Beneficios técnicos de la estabilización de suelos mediante sustitución

- Mejora de la capacidad portante del suelo, incrementando valores como CBR y módulo resiliente.
- Reducción de la compresibilidad y plasticidad, especialmente en suelos arcillosos o saturados.
- Disminución de asentamientos diferenciales, lo que mejora la estabilidad estructural del pavimento.
- Mayor uniformidad geotécnica de la subrasante, reduciendo fallas prematuras como deformaciones, ahuellamientos o agrietamientos.
- Control de humedad y drenaje, al reemplazar suelos expansivos o con alta capacidad de retención de agua por materiales granulares más estables.
- Mayor durabilidad de la estructura del pavimento, al contar con una base de soporte más competente.

Beneficios económicos de la estabilización de suelos mediante sustitución

- Reducción de costos de mantenimiento y rehabilitación del pavimento a largo plazo.
- Optimización del diseño estructural, al permitir menores espesores en capas superiores cuando la subrasante mejora.

- Disminución de costos asociados a fallas tempranas, tales como baches, deformaciones o pérdida de capacidad estructural.
- Mayor eficiencia en la inversión pública, al garantizar mayor vida útil de la infraestructura vial.
- Aprovechamiento de materiales granulares disponibles en cantera, reduciendo costos de transporte y tratamiento químico.

Beneficios sociales de la estabilización de suelos mediante sustitución

- Mejora de la seguridad vial, al contar con una plataforma más estable y uniforme.
- Mejora en la conectividad y accesibilidad de las comunidades, especialmente en zonas rurales o agrícolas.
- Impulso al desarrollo económico local, al facilitar el transporte de productos agrícolas y comerciales

Beneficios científicos de la estabilización de suelos mediante sustitución

- Generación de conocimiento técnico sobre el comportamiento geotécnico de suelos locales.
- Validación de metodologías de diseño y mejoramiento de subrasante, como la sustitución de suelos en condiciones reales.
- Desarrollo de criterios técnicos para la toma de decisiones en proyectos viales, especialmente en zonas con suelos problemáticos.
- Contribución a futuras investigaciones, proporcionando datos experimentales y metodológicos aplicables a proyectos similares.

3.2.3. Comparación con otros estudios o proyectos ya realizados en el ámbito internacional, nacional o local.

- Carretera Canta – Huayllay (Perú) .- En el Km 57 – Km 59 se identificaron subrasantes arcillosas de baja capacidad portante, por lo que el expediente técnico

propuso mejoramiento mediante sustitución de suelo inadecuado por material granular para incrementar la capacidad de soporte del pavimento.

- Carretera Interoceánica Sur – Tramo III (Perú).- Durante la construcción de esta vía se identificaron sectores con materiales inadecuados para subrasante, por lo que se realizaron mejoramientos mediante reemplazo del suelo natural por material seleccionado y estabilización con agentes hidráulicos para cumplir los requerimientos estructurales del pavimento.
- Autopista Azogues – El Descanso (Ecuador).- En este proyecto se presentaron suelos arcillosos expansivos, lo que generaba cambios volumétricos y pérdida de capacidad portante. Se aplicaron técnicas de sustitución y estabilización del suelo con cal para mejorar su comportamiento mecánico

4.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MEJORAS IDENTIFICADAS

La principal limitación del presente estudio estuvo relacionada con el factor tiempo, debido a que la conformación de las subrasantes mejoradas se realizó en un periodo cercano a la etapa de evaluación. En consecuencia, el lapso disponible para efectuar el seguimiento y análisis posterior del comportamiento de dichas subrasantes fue limitado, lo que restringe la posibilidad de evaluar su desempeño a mediano o largo plazo frente a las condiciones de carga y factores ambientales.

Las evaluaciones de campo y laboratorio se realizaron en un periodo específico del año, por lo que las condiciones climáticas, principalmente precipitaciones y cambios en el nivel de humedad del suelo, pueden influir en el comportamiento de la subrasante en otras épocas.

Sería conveniente realizar evaluaciones en diferentes épocas del año para analizar la influencia de las precipitaciones y variaciones de humedad en la capacidad portante de la subrasante.

4.4 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y SU IMPLEMENTACIÓN

4.1.1. Aplicación de parámetros geotécnicos en suelos donde el CBR es mayor a 6%

De acuerdo con la evaluación del CBR, se obtuvieron valores superiores al 6%, los cuales corresponden a una clasificación de subrasante regular. Sin embargo, durante la inspección visual se evidenció la presencia de suelos predominantemente arcillosos que han presentado procesos de colapso y pérdida de estabilidad debido a diversos factores climatológicos y antrópicos.

En tal sentido, se consideró necesario complementar la evaluación mediante la aplicación de parámetros geotécnicos adicionales, tales como el Índice de Consistencia, Índice de Compresibilidad, la relación entre humedad natural y el óptimo contenido de humedad obtenido del ensayo Proctor, así como el Índice de Liquidez, con la finalidad de determinar si la subrasante existente, pese a presentar valores de CBR no clasificados como insuficientes, requiere ser sometida a procesos de mejoramiento para garantizar su adecuado comportamiento estructural.

En tal modo, se ha realizado la siguiente tabla, donde se evalúa tales criterios en cada tramo evaluado.

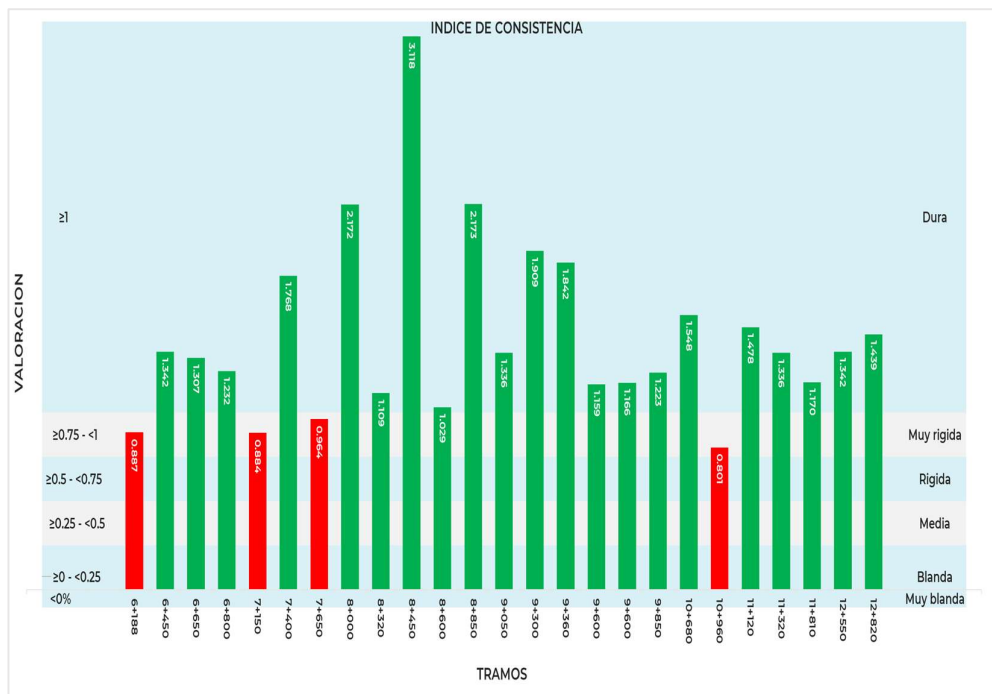
Tabla 11

Criterios geotécnicos en aplicados en subrasantes

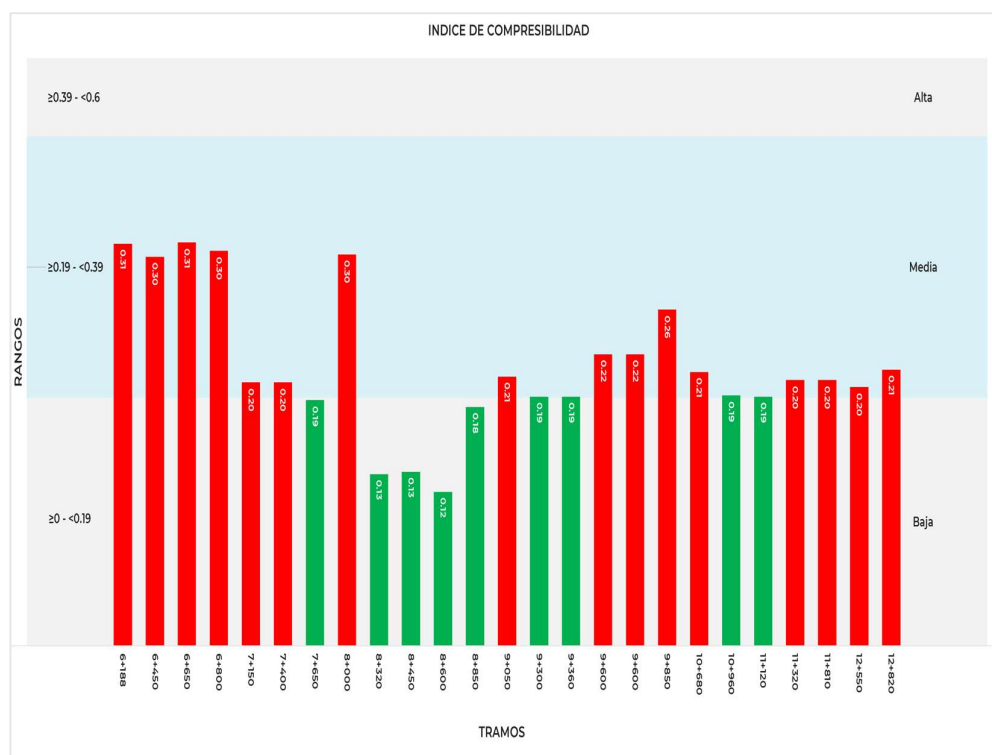
Ubicación muestreo	Humedad natural	Límites de consistencia			Proctor		Criterios geotécnicos		
		L.L	L.P	I.P	MDS	OCH	Criterio del índice de consistencia	Índice de compresibilidad	Índice de liquidez
6+188	26.9	44.2	24.8	19.5	1.738	17.2	0.887	0.308	0.108
6+450	17.2	43.1	23.8	19.3	1.801	16.6	1.342	0.298	-0.342
6+650	18.3	44.3	24.4	19.9	1.743	17.45	1.307	0.309	-0.307
6+800	19.2	43.6	23.8	19.8	1.791	16.9	1.232	0.302	-0.232
7+150	19.5	32.4	17.9	14.6	1.741	18.97	0.884	0.202	0.110
7+400	15.6	32.4	22.9	9.5	1.729	18.72	1.768	0.202	-0.768
7+650	17.7	30.9	17.1	13.7	1.752	20.19	0.964	0.188	0.044
8+000	14.2	43.3	29.9	13.4	1.512	21.6	2.172	0.300	-1.172
8+320	18.5	24.6	19.1	5.5	1.848	15.21	1.109	0.131	-0.109
8+450	14.2	24.8	21.5	3.4	1.818	15.22	3.118	0.133	-2.147
8+600	15.9	23.1	16.1	7	1.768	17.84	1.029	0.118	-0.029
8+850	7.7	30.3	19.9	10.4	1.965	10.22	2.173	0.183	-1.173
9+050	14.2	32.9	18.9	14	1.829	17.92	1.336	0.206	-0.336
9+300	10.2	31.2	19.8	11	1.99	10.17	1.909	0.191	-0.873
9+360	10.2	31.2	19.8	11.4	1.99	10.17	1.842	0.191	-0.842
9+600	18	34.8	20.3	14.5	1.693	17.29	1.159	0.223	-0.159
9+600	17.9	34.8	20.3	14.5	1.703	16.66	1.166	0.223	-0.166
9+850	16.7	38.6	20.7	17.9	1.722	15.49	1.223	0.257	-0.223
10+680	15.5	33.3	21.89	11.5	1.858	14.5	1.548	0.210	-0.556
10+960	20	31.3	17.2	14.1	1.794	15.99	0.801	0.192	0.199
11+120	14.5	31.2	19.8	11.3	1.85	15.21	1.478	0.191	-0.469
11+320	16.3	32.6	20.4	12.2	1.795	17.03	1.336	0.203	-0.336
11+810	15.4	32.6	17.9	14.7	1.768	17.84	1.170	0.203	-0.170
12+550	17.1	32	20.9	11.1	1.761	15.91	1.342	0.198	-0.342
12+820	15.8	33.5	21.2	12.3	1.745	17.28	1.439	0.212	-0.439

Nota: Elaboración propia.

Con el propósito de facilitar la interpretación de los resultados obtenidos, se elaboraron diferentes gráficos que muestran los valores evaluados y su respectiva clasificación para cada criterio geotécnico analizado.

Figura 19*Índice de consistencia del tramo evaluado***Nota:** Elaboración propia.

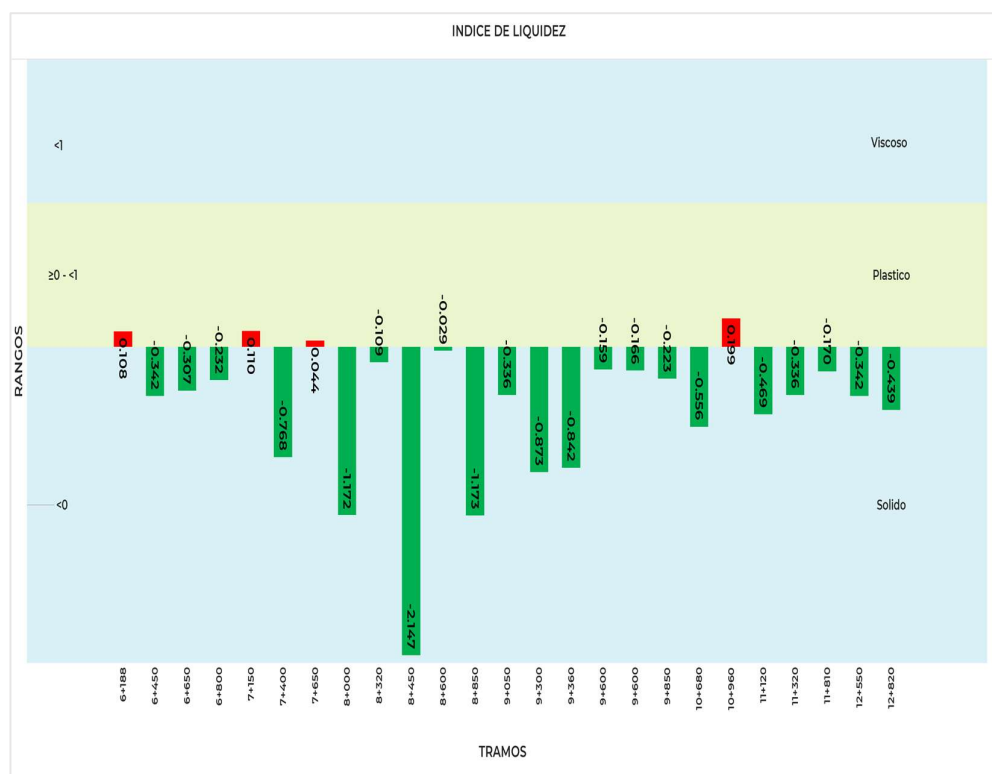
De la Figura 19 se aprecia que los suelos evaluados presentan estados de consistencia que varían entre muy rígidos y duros. Los suelos muy rígidos registran valores del Índice de Consistencia (IC) entre 0.75 y 1.00, mientras que los suelos duros presentan valores superiores a 1.00, lo que evidencia una mayor resistencia a la deformación y una condición favorable para su comportamiento como subrasante.

Figura 20*Índice de compresibilidad del tramo evaluado***Nota:** Elaboración propia.

De la Figura 20 se aprecia que los suelos evaluados presentan niveles de compresibilidad que varían entre baja y media. Los suelos de baja compresibilidad registran valores de C_c entre 0.00 y 0.19, mientras que aquellos de compresibilidad media presentan valores comprendidos entre 0.20 y 0.39, evidenciando una susceptibilidad moderada a deformaciones por consolidación ante la aplicación de cargas.

Figura 21

Índice de Liquidez del suelo en el tramo evaluado

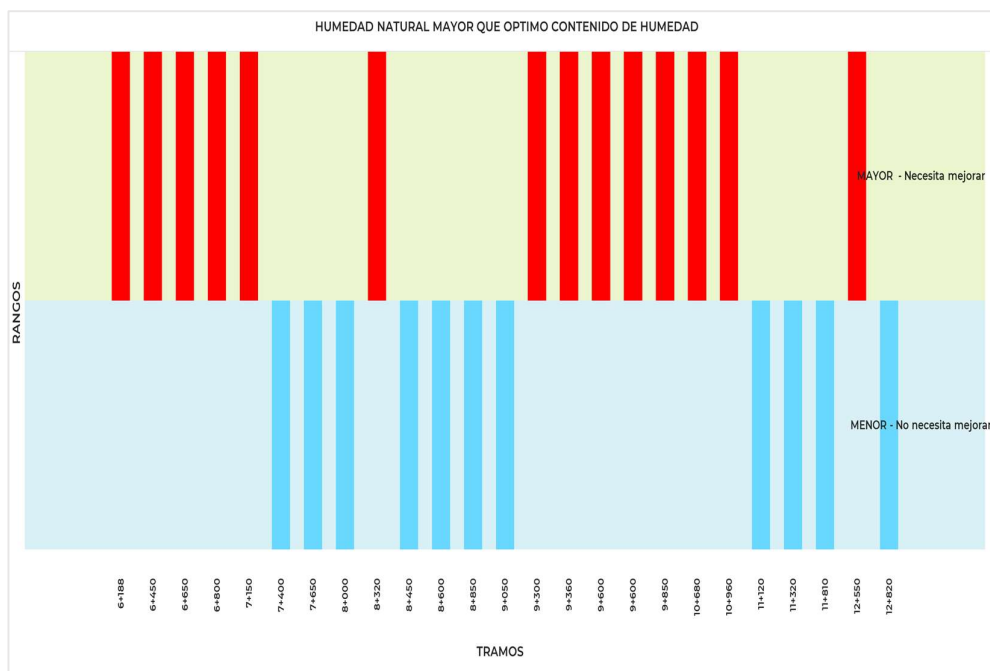


Nota: Elaboración propia.

De la Figura 21 se observa que los suelos evaluados presentan estados de consistencia predominantemente plásticos y sólidos. Los suelos plásticos corresponden a valores del Índice de Liquidez (IL) comprendidos entre 0 y 1, mientras que los suelos sólidos se identifican cuando el IL es menor a 0.

Figura 22

Humedad natural mayor que OCH en el tramo evaluado



Nota: Elaboración propia.

En el tramo evaluado (Figura 22), se identifican subtramos donde el contenido de humedad natural supera al Óptimo Contenido de Humedad (OCH). Bajo este criterio, se observa la necesidad de mejorar aquellos sectores que presentan excesos de humedad significativos, debido a que esta condición puede afectar negativamente la compactación y el comportamiento mecánico de la subrasante. No obstante, también se identifican subtramos donde, a pesar de que la humedad natural es mayor que el OCH, la diferencia no resulta crítica, por lo que no se considera necesaria la aplicación de medidas de mejoramiento.

Asimismo, luego de la evaluación numérica realizada, se procedió a comparar los valores obtenidos con los rangos de clasificación establecidos para cada parámetro geotécnico, con la finalidad de determinar la necesidad o no de efectuar el mejoramiento de la subrasante en los diferentes tramos evaluados.

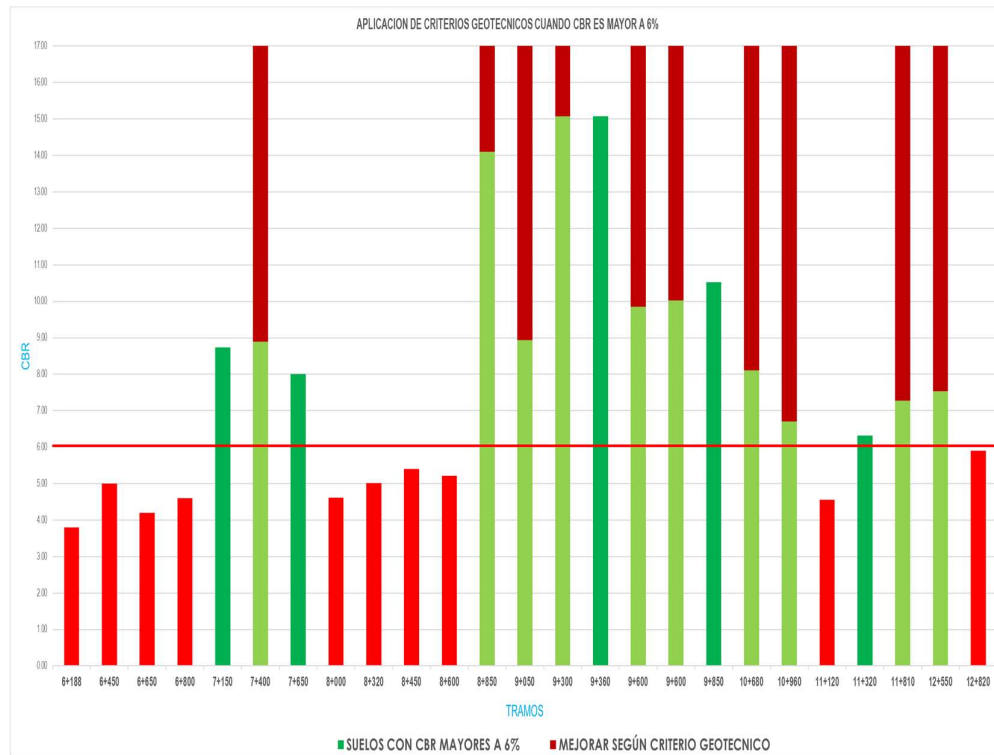
Figura 23

Clasificación de los Criterios geotécnicos en aplicados en subrasantes

Ubicación muestreo	HUMEDAD NATURAL	Criterios geotécnicos				
KM		Criterio del índice de consistencia		Índice de compresibilidad	Humedad natural mayor o menor que OCH	Índice de liquidez
6+188	26.9	0.887	C. PLASTICO DURA, MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	W _n >LL, MEJORAR
6+450	17.2	1.342	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
6+650	18.3	1.307	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
6+800	19.2	1.232	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
7+150	19.5	0.884	C. PLASTICO DURA, MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	W _n >LL, MEJORAR
7+400	15.6	1.768	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
7+650	17.7	0.964	C. PLASTICO DURA, MEJORAR	BAJA	NO MEJORAR	W _n >LL, MEJORAR
8+000	14.2	2.172	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
8+320	18.5	1.109	C. SOLIDA, NO MEJORAR	BAJA	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
8+450	14.2	3.118	C. SOLIDA, NO MEJORAR	BAJA	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
8+600	15.9	1.029	C. SOLIDA, NO MEJORAR	BAJA	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
8+850	7.7	2.173	C. SOLIDA, NO MEJORAR	BAJA	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
9+050	14.2	1.336	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
9+300	10.2	1.909	C. SOLIDA, NO MEJORAR	BAJA	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
9+360	10.2	1.842	C. SOLIDA, NO MEJORAR	BAJA	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
9+600	18	1.159	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
9+600	17.9	1.166	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
9+850	16.7	1.223	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
10+680	15.5	1.548	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
10+960	20	0.801	C. PLASTICO DURA, MEJORAR	BAJA	MEJORAR	W _n >LL, MEJORAR
11+120	14.5	1.478	C. SOLIDA, NO MEJORAR	BAJA	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
11+320	16.3	1.336	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
11+810	15.4	1.170	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
12+550	17.1	1.342	C. SOLIDA, NO MEJORAR	BAJA	MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR
12+820	15.8	1.439	C. SOLIDA, NO MEJORAR	MEDIA, MEJORAR	NO MEJORAR	-W _n <LL, NO MEJORAR

Nota: Elaboración propia.

En este aspecto, en la tabla anterior, se ha determinado que, de acuerdo a los criterios geotécnicos, existe la necesidad de mejorar los suelos a pesar de tener CBR clasificados como regulares a buenos.

Figura 24*Aplicación de criterios geotécnicos***Nota:** Elaboración propia.

En la Figura 23 se presenta un resumen de la aplicación de los criterios geotécnicos considerados para cada uno de los subtramos evaluados, tomando como referencia los parámetros y análisis desarrollados en las secciones precedentes. Dichos criterios permitieron identificar los sectores que requieren mejoramiento y aquellos que presentan condiciones adecuadas para su funcionamiento como subrasante.

4.1.2. El material de relleno

De acuerdo al manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección: Suelos y Pavimentos, el material a emplear tendrá un CBR $\geq 10\%$ e IP menor a 10, o en todo caso será similar, para nuestro caso, el material a

emplear será de la zona denominada RUPAYCANCHA, el cual posee las siguientes características físico – mecánicas:

Tabla 12

Características del material de relleno - Rupaycancha

Cantera Rupaycancha	
LL	30.8%
LP	19.3%
IP	11.5%
OCH	13.25%
MDS	1.953 gr/cm ³
CBR al 95%	19.8%
CBR al 100%	30.7%

Evaluated la tabla anterior, podemos deducir que el material presentado perteneciente a la cantera RUPAYCANCHA, tiene un CBR mayor al 10% y un valor de IP similar al 10% establecidos en el Manual de carreteras; sección Suelos y pavimentos.

4.1.3. Cálculo de espesores cuando el CBR es menor o igual a 6% mediante AASHTO 93

El manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos - Sección: Suelos y Pavimentos propone la metodología de mejoramiento de suelo mediante la sustitución parcial de suelos inadecuados mediante el cambio por material de mejores características, para ello hace uso de la diferencia algebraica de números estructurales.

$$\Delta SN = SNe - SNm$$

Donde:

SNe : Numero estructural del material existente

SNm: Numero estructural del material mejorado

Asimismo, con estos datos, se procede a calcular el espesor, para lo cual, la normativa evoca a la siguiente ecuación:

$$E = \Delta SN / a_i \times m_i$$

Donde:

E : Espesor de reemplazo en cm.

a_i : Coeficiente estructural del material a colocar / cm

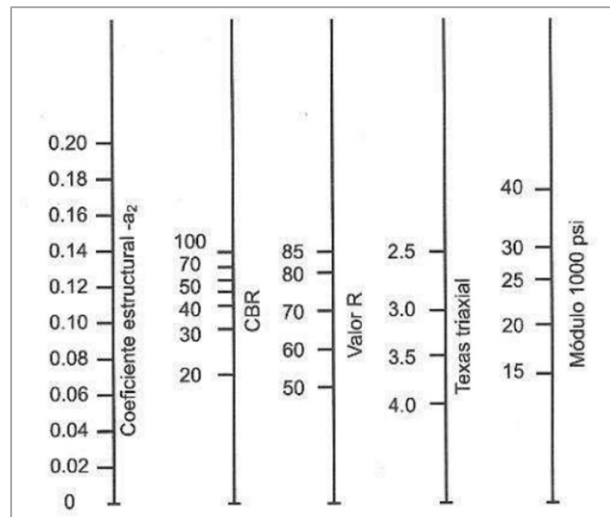
m_i : Coeficiente de drenaje del material a colocar.

4.1.4. Cálculo del coeficiente estructural a_4 :

Tal como señala Menéndez (2016), el coeficiente estructural representa la capacidad relativa que posee una unidad de espesor de un determinado material para contribuir al comportamiento estructural del pavimento (p. 87). De acuerdo a ello, se ha hecho la estimación de acuerdo al valor de CBR del material de relleno a emplear, haciendo uso los nomogramas de AASHTO93.

Figura 25

Correlación de CBR con coeficiente estructural del material



Nota: Nomograma AASHTO93

De acuerdo al gráfico anterior, y correlacionando el valor de CBR (19.8%) del material de relleno perteneciente a la cantera RUPYACANCHA, se obtiene el coeficiente estructural a_4 de 0.0377.

4.1.5. Cálculo de los espesores mediante la ecuación AASHTO93:

Con los datos preliminares y valores anteriores, se ha procedido a calcular los espesores haciendo uso de la ecuación AASHTO93, para la obtención del número estructural.

Figura 26

Cálculo de SN mediante la ecuación AASHTO93 para cálculo de SN

Ecuación AASHTO 93			
Tipo de Pavimento ☒ Pavimento flexible ☐ Pavimento rígido		Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So) 80 % Zr=-0.841 So 0.45	
Serviciabilidad inicial y final PSI inicial 3.8 PSI final 2		Módulo resiliente de la subrasante Mr 17269 psi	
Información adicional para pavimentos rígidos			
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)		Coefficiente de transmisión de carga - (J)	
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)		Coefficiente de drenaje - (Cd)	
Tipo de Análisis ☒ Calcular SN W18 = 503739 ☐ Calcular W18		Número Estructural SN = 2.08	
Calcular		Salir	

Se ha procedido elaborar la siguiente tabla de resultados haciendo uso de la ecuación AASHTO93 mediante el reemplazo del MR para cada valor y así obtener valores de SN, posterior a ello, se ha efectuado el reemplazo en la fórmula de espesor (Manual de carreteras – capítulo 9, sección 9.4), considerando las variables de $a_4 = 0.0377$ (Número estructural del material de relleno) y un $m_1 = 1$ (Coeficiente de drenaje) descritas y mencionadas anteriormente.

Tabla 13

Espesores calculados mediante AASHTO93 para suelos con CBR mayores a 6%.

UBICACIÓN MUESTREO	C.B.R		Mr existente	Requerido	Pavimento	Necesario	Coef.Estructural	Coef.Drenaje	Espesor			Esp.Adoptado
KM	100	95	Mr	SNr	SNo	SNr-SNo	a4	m4	D4 (cm)	D4 (Mt)	D4 (cm)	
6+188	5.2	3.8	6004.16207	3.11	2.08	1.03	0.0377	1	27.32	0.27	40.00	
6+450	7	5	7157.01137	2.9	2.08	0.82	0.0377	1	21.75	0.22	40.00	
6+650	5.8	4.2	6401.33345	3.03	2.08	0.95	0.0377	1	25.20	0.25	40.00	
6+800	6.4	4.6	6785.09475	2.97	2.08	0.89	0.0377	1	23.61	0.24	40.00	
7+150	10.28	8.73	10224.4515	2.54	2.08	0.46	0.0377	1	-	-	-	
7+400	11.04	8.9	10351.4338	2.53	2.08	0.45	0.0377	1	-	-	-	
7+650	9.36	8	9668.70915	2.6	2.08	0.52	0.0377	1	-	-	-	
8+000	6.43	4.62	6803.96027	2.96	2.08	0.88	0.0377	1	23.34	0.23	40.00	
8+320	7.01	5.01	7166.16905	2.91	2.08	0.83	0.0377	1	22.02	0.22	40.00	
8+450	8.33	5.4	7518.35643	2.85	2.08	0.77	0.0377	1	20.42	0.20	40.00	
8+600	7.89	5.22	7356.98764	2.88	2.08	0.8	0.0377	1	21.22	0.21	40.00	
8+850	17.7	14.1	13896.0426	2.26	2.08	0.18	0.0377	1	-	-	-	
9+050	10.32	8.94	10381.1847	2.53	2.08	0.45	0.0377	1	-	-	-	
9+300	16.81	15.07	14500.5136	2.22	2.08	0.14	0.0377	1	-	-	-	
9+360	16.81	15.07	14500.5136	2.22	2.08	0.14	0.0377	1	-	-	-	
9+600	11.01	9.85	11045.6198	2.47	2.08	0.39	0.0377	1	-	-	-	
9+600	11.13	10.02	11167.2502	2.45	2.08	0.37	0.0377	1	-	-	-	
9+850	13.33	10.53	11527.7636	2.43	2.08	0.35	0.0377	1	-	-	-	
10+680	10.28	8.1	9745.88576	2.59	2.08	0.51	0.0377	1	-	-	-	
10+960	8.71	6.71	8639.59367	2.7	2.08	0.62	0.0377	1	-	-	-	
11+120	7.35	4.56	6747.27489	2.97	2.08	0.89	0.0377	1	23.61	0.24	40.00	
11+320	7.89	6.32	8314.76223	2.75	2.08	0.67	0.0377	1	-	-	-	
11+810	9.52	7.28	9102.38053	2.66	2.08	0.58	0.0377	1	-	-	-	
12+550	9.36	7.53	9301.21513	2.63	2.08	0.55	0.0377	1	-	-	-	
12+820	7.6	5.9	7956.75878	2.79	2.08	0.71	0.0377	1	18.83	0.19	40.00	

Nota: Elaboración propia.

En este aspecto, la tabla anterior se muestra valores de espesores calculados a partir de la condición de suelos con CBR menores al 6%, se ha determinado espesores que oscilan entre 19 a 27cm respectivamente, asimismo se presenta valores adoptados por practicidad constructiva de 40cm.

4.1.6. Aplicación de la teoría de Boussinesq (cálculo de espesores cuando el CBR es mayor a 6% pero requiere mejoramiento)

De acuerdo a los cálculos previos (aplicando la metodología de sustitución de suelos establecida en el Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos), se realizaron la determinación de espesores en sectores donde la condición del CBR es menor a 6%.

Sin embargo, para aquellos tramos donde el CBR no se encuentra por debajo de dicho umbral, pero en los que se ha identificado la necesidad de mejoramiento a partir de la evaluación geotécnica, considerando parámetros como índice de compresibilidad, índice de consistencia y la relación entre humedad natural y el óptimo contenido de humedad obtenido mediante el ensayo Proctor, se procedió a realizar un análisis adicional.

Para estos casos, se aplicó la teoría de distribución de esfuerzos de Boussinesq (1885), Esta teoría establece que, al aplicar una carga puntual o distribuida sobre la superficie de un medio elástico, homogéneo e isotrópico, los esfuerzos más críticos se desarrollan directamente debajo del centro de la carga aplicada. En dicho punto, los esfuerzos radiales y tangenciales presentan valores equivalentes, generándose la mayor concentración de esfuerzos verticales en profundidad.

En el caso de los pavimentos, la carga transmitida por la rueda de un vehículo puede idealizarse como una carga distribuida sobre un área circular equivalente a una placa flexible, caracterizada por un radio y una presión de contacto determinados. Bajo esta consideración, los esfuerzos verticales inducidos en el suelo a diferentes profundidades pueden estimarse mediante la expresión

propuesta por Boussinesq. A partir de esta relación se determina la profundidad a la cual el esfuerzo vertical se reduce aproximadamente al 10% del esfuerzo aplicado en superficie, criterio comúnmente utilizado para estimar la profundidad de influencia de la carga y definir el espesor requerido del mejoramiento de la subrasante.

$$\sigma_z = q \left(1 - \frac{3z^3}{(a+z)^2} \right)$$

Donde:

$q = 5.6 \text{ kg/cm}^2$ (Carga de Aplicación)

$a = 10.80 \text{ m}$ (Radio)

Z (profundidad) = espesor del pavimento + espesor de mejoramiento

En nuestro caso el espesor de pavimento será la sumatoria de 30 cm (sub base granular del proyecto), 22 cm (base granular del proyecto) y 7cm (carpeta asfáltica) de acuerdo al proyecto contemplado en el expediente técnico. A continuación, se presentan los respectivos cálculos efectuados para la determinación de espesores en los sectores donde el CBR es mayor a 6%, pero las características geotecnicas son desfavorables.

Figura 27

Cálculo de distribución de esfuerzo a una profundidad de 30cm.

Cálculo por Boussinesq			
Carga de aplicación	$q=$	5.62 kg/cm ²	80 PSI
Radio	$a=$	10.78 cm	
Profundidad	$z=$	87 cm	(57 cm Esp.Pavimento + 30 Esp.Mej.)
Esfuerzo	$\sigma_z=$	0.127 kg/cm ²	
Resultados			
Esfuerzo a Z (cm)	$\sigma_z=$	0.127 kg/cm	
Porcentaje de esfuerzo con respecto a carga de aplicación 80 PSI	$\sigma_z (\%)=$	2%	
Criterio			
Esfuerzo a 0.1 de carga de aplicación (Raul Valle Rodas), Carretera, Calles Y Aeropuertos		0.1 kg/cm	
Análisis e Interpretación			
Esfuerzo a la profundidad Z es menor			
0.127	≤	0.1	No cumple

Nota: Elaboración propia.

Se puede verificar que el espesor de mejoramiento planteado de **30 cm** no cumple la condición planteada por Raúl Valle Rodas en su libro “Carreteras Calles y Aeropuertos” 5ta edición (1970), donde menciona que el esfuerzo que se presente a la profundidad definida debe ser menor a 0.10 kg/cm², para ello se procede a evaluar a una profundidad de 50 cm, y se muestra en la siguiente tabla

Figura 28

Cálculo de distribución de esfuerzo a una profundidad de 50cm.

Cálculo por Boussinesq			
Carga de aplicación	q=	5.62 kg/cm ²	80 PSI
Radio	a=	10.78 cm	
Profundidad	z=	107 cm	(57 cm Esp.Pavimento + 50 Esp.Mej.)
Esfuerzo	σ_z =	0.084 kg/cm ²	
Resultados			
Esfuerzo a Z (cm)	σ_z =	0.084 kg/cm	
Porcentaje de esfuerzo con respecto a carga de aplicación 80 PSI	σ_z (%) =	2%	
Criterio			
Esfuerzo a 0.1 de carga de aplicación (Raul Valle Rodas), Carretera, Calles Y Aeropuertos			0.1 kg/cm
Análisis e Interpretación			
Esfuerzo a la profundidad Z es menor			
0.084	≤	0.1	Cumple

Se puede verificar que, para el espesor de mejoramiento planteado de **50 cm**, cumple la condición planteada de ser menor a 0.10 kg/cm², ante ello, se deduce que se debe de aplicar el mejoramiento de suelos tanto para subrasante con valores de CBR menores al 6% y mayores al 6%, espesores de 50 cm, con el fin de asegurar la estabilidad vial.

Tabla 14

Espesores de mejoramiento finales.

Espesores de mejoramiento					
Inicio	Final	Km	AASHTO 93 cuando CBR<6% (cm)	Espesores según Boussinesq H (cm)	Espesor adoptado (mayor valor)
6+188	6+319	6+188	27.32	50.00	50.00
6+319	6+550	6+450	21.75	50.00	50.00
6+550	6+725	6+650	25.20	50.00	50.00
6+725	6+975	6+800	23.61	50.00	50.00
6+975	7+275	7+150	-	-	-
7+275	7+525	7+400	-	50.00	50.00
7+525	7+825	7+650	-	-	-
7+825	8+160	8+000	23.34	50.00	50.00
8+160	8+385	8+320	22.02	50.00	50.00
8+385	8+525	8+450	20.42	50.00	50.00
8+525	8+725	8+600	21.22	50.00	50.00
8+725	8+950	8+850	-	50.00	50.00
8+950	9+175	9+050	-	50.00	50.00
9+175	9+330	9+300	-	50.00	50.00
9+330	9+480	9+360	-	-	-
9+480	9+600	9+600	-	50.00	50.00
9+600	9+725	9+600	-	50.00	50.00
9+725	10+265	9+850	-	-	-
10+265	10+820	10+680	-	50.00	50.00
10+820	11+040	10+960	-	50.00	50.00
11+040	11+220	11+120	23.61	50.00	50.00
11+220	11+565	11+320	-	-	-
11+565	12+180	11+810	-	-	-
12+180	12+685	12+550	-	50.00	50.00
12+685	12+820	12+820	18.83	50.00	50.00

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo a estas consideraciones, se ha procedido a la ejecución del mejoramiento en los tramos con los espesores determinados prosiguiendo el método constructivo recomendado por el manual de carreteras: sección Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

4.1.7. Evaluación de la compactación de los tramos mejorados (construidos)

El manual de carreteras: sección Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. propone que las compactaciones arrojen valores mínimos del 95% de la MDS del material de relleno, además a ello, los espesores máximos compactados deberán de ser de 30cm.

En tal sentido, se ha evaluado la capa final de mejoramiento mediante la obtención de grado de compactación.

Tabla 15

Grado de compactación de las zonas mejoradas

PROGRESIVA	MAXIMA DENSIDAD SECA	DENSIDAD HÚMEDA IN SITU	CONTENIDO DE HUMEDAD - SPEEDY	DENSIDAD SECA IN SITU	GRADO DE COMPACTACIÓN
6+930	1.953 g/cm3	2.20 g/cm3	17.00 %	1.88 g/cm3	96.4 %
6+900	1.953 g/cm3	2.16 g/cm3	17.50 %	1.83 g/cm3	93.9 %
7+400	1.953 g/cm3	2.19 g/cm3	17.00 %	1.87 g/cm3	95.8 %
7+456	1.953 g/cm3	2.20 g/cm3	16.00 %	1.89 g/cm3	97.0 %
8+260	1.953 g/cm3	2.21 g/cm3	17.50 %	1.88 g/cm3	96.4 %
8+600	1.953 g/cm3	2.17 g/cm3	16.50 %	1.86 g/cm3	95.4 %
8+900	1.953 g/cm3	2.17 g/cm3	17.00 %	1.86 g/cm3	95.1 %
9+500	1.953 g/cm3	2.17 g/cm3	16.50 %	1.86 g/cm3	95.4 %
9+700	1.953 g/cm3	2.18 g/cm3	17.00 %	1.86 g/cm3	95.3 %
9+720	1.953 g/cm3	2.21 g/cm3	17.50 %	1.88 g/cm3	96.3 %
10+360	1.953 g/cm3	2.19 g/cm3	17.50 %	1.86 g/cm3	95.3 %
10+700	1.953 g/cm3	2.17 g/cm3	17.00 %	1.86 g/cm3	95.1 %
10+900	1.953 g/cm3	2.23 g/cm3	17.00 %	1.91 g/cm3	97.7 %
11+100	1.953 g/cm3	2.19 g/cm3	17.00 %	1.87 g/cm3	95.7 %
12+300	1.953 g/cm3	2.19 g/cm3	17.50 %	1.86 g/cm3	95.5 %
12+700	1.953 g/cm3	2.18 g/cm3	16.00 %	1.88 g/cm3	96.3 %

Nota: Elaboración propia.

De la evaluación realizada en los tramos donde se aplicó el mejoramiento de suelos, se observa que las compactaciones ejecutadas en las diferentes capas alcanzaron valores iguales o superiores al 95 % del grado de compactación, los cuales se consideran aceptables al cumplir con el valor mínimo establecido en el Manual de Carreteras: Suelos y Pavimentos del MTC.

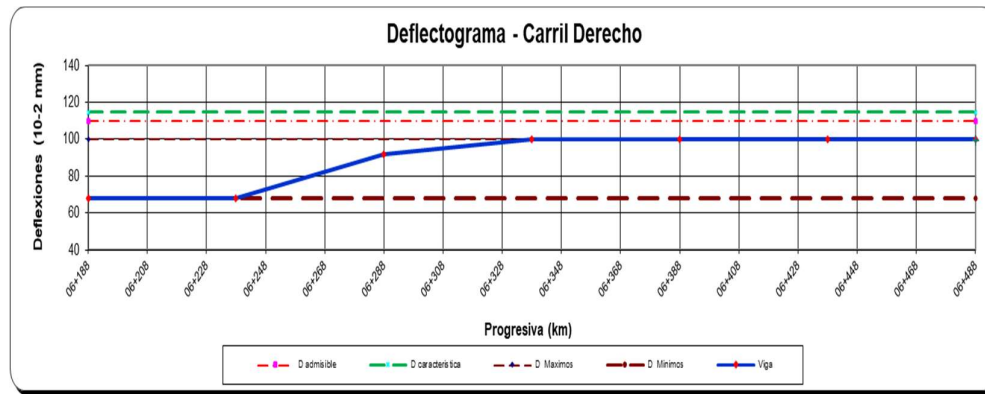
4.1.8. Evaluación de la deflexión de los tramos mejorados (construidos)

La deflexión corresponde a la deformación vertical que experimenta la superficie del pavimento cuando se aplica una carga determinada, simulando el efecto de una rueda de vehículo. Valores elevados de deflexión pueden indicar insuficiente capacidad portante del suelo o deficiencias en las capas estructurales del pavimento. En el presente estudio, la evaluación de la deflexión se realizó en los tramos donde se ejecutaron trabajos de mejoramiento de la subrasante mediante sustitución de material, con el objetivo de verificar la efectividad de dicha intervención. Para ello, se realizaron mediciones en diferentes puntos de la vía, permitiendo comparar el comportamiento estructural entre los sectores intervenidos y aquellos que presentan condiciones naturales.

Los resultados obtenidos permiten analizar la distribución de deflexiones a lo largo del tramo evaluado, identificando zonas donde el mejoramiento del suelo ha contribuido a reducir las deformaciones bajo carga, lo cual evidencia un incremento en la capacidad portante del sistema estructural. Asimismo, el análisis de deflexiones permite validar el desempeño del mejoramiento aplicado, ya que una reducción en los valores de deflexión indica una mayor rigidez estructural del pavimento y una mejor distribución de esfuerzos hacia las capas inferiores.

Figura 29

Deflectograma – carril derecho tramo km 06+000-7+000

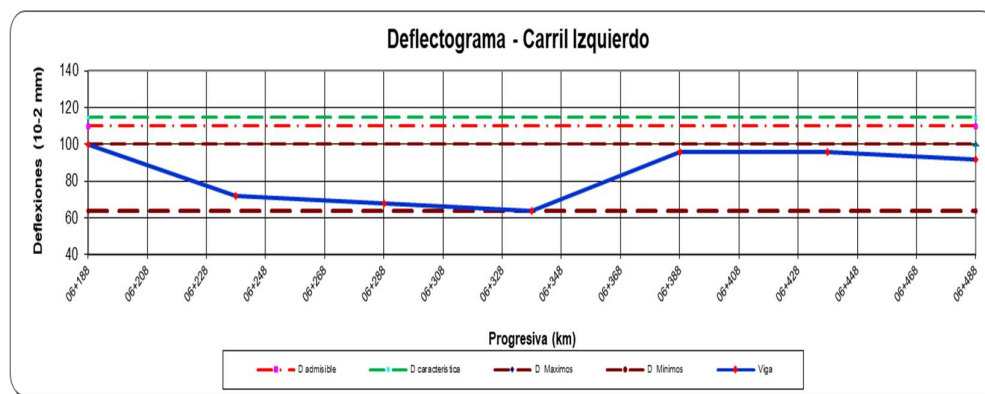


Nota: Elaboración propia.

El análisis del deflectograma obtenido mediante el ensayo de deflectometría con Viga Benkelman evidencia que las deflexiones registradas a lo largo del carril derecho del tramo evaluado correspondiente al Km 6+000 al Km 7+000, se mantienen dentro de los límites admisibles establecidos para el pavimento.

Figura 30

Deflectograma – carril izquierdo tramo km 06+000-7+000

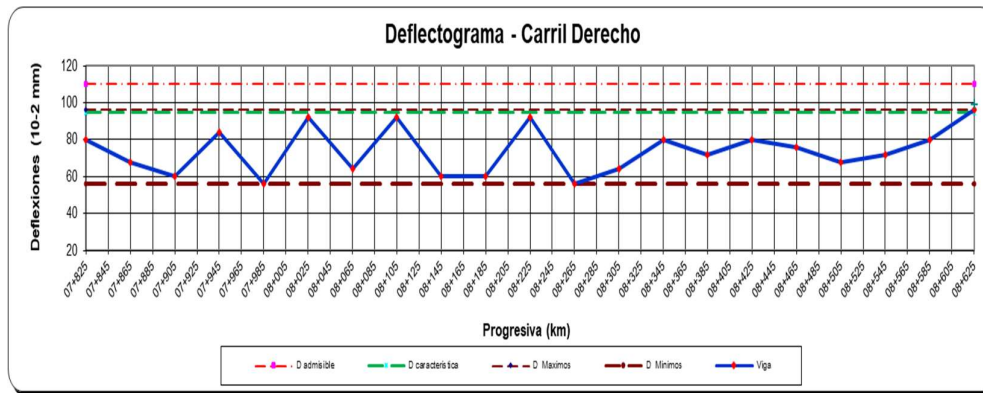


El análisis del deflectograma obtenido mediante el ensayo de deflectometría con Viga Benkelman evidencia que las deflexiones registradas a lo largo del carril izquierdo del tramo evaluado correspondiente al Km 6+000 al Km 7+000, se

mantienen dentro de los límites admisibles establecidos para el pavimento.

Figura 31

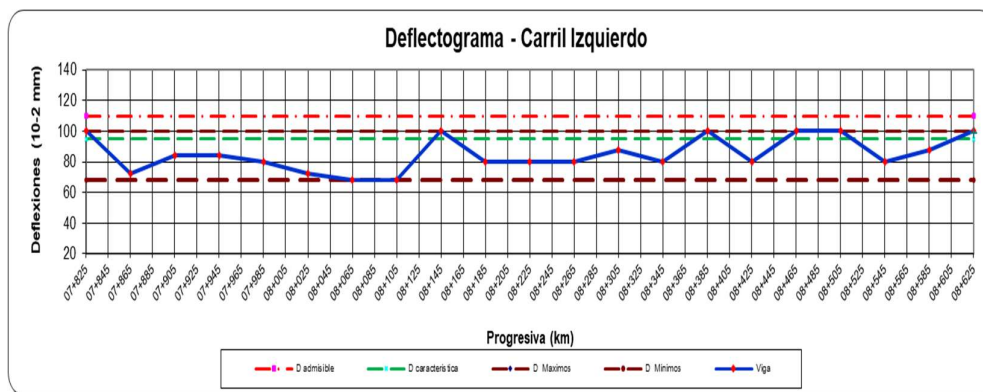
Deflectograma – carril derecho tramo km 07+000-9+000



El análisis del deflectograma obtenido mediante el ensayo de deflectometría con Viga Benkelman evidencia que las deflexiones registradas a lo largo del carril derecho del tramo evaluado correspondiente al Km 7+000 al Km 9+000, se mantienen dentro de los límites admisibles establecidos para el pavimento.

Figura 32

Deflectograma – carril izquierdo tramo km 07+000-9+000



El análisis del deflectograma obtenido mediante el ensayo de deflectometría con Viga Benkelman evidencia que las deflexiones registradas a lo largo del carril

izquierdo del tramo evaluado correspondiente al Km 7+000 al Km 9+000, se mantienen dentro de los límites admisibles establecidos para el pavimento.

4.5 EVALUACIÓN DE COSTOS, SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO

4.5.1. Costos, inversión inicial, final.

El análisis de costos constituye un elemento fundamental para evaluar la viabilidad de la estabilización de suelos mediante sustitución, ya que permite comparar la inversión necesaria para el mejoramiento de la subrasante frente a los beneficios obtenidos en términos de desempeño estructural del pavimento.

Inversión inicial

La inversión inicial corresponde a los costos requeridos para ejecutar los trabajos de mejoramiento del suelo mediante sustitución, los cuales comprenden principalmente las siguientes actividades:

- Excavación del suelo inadecuado existente.
- Carga y transporte del material excavado hacia botaderos autorizados.
- Suministro y transporte de material granular proveniente de cantera.
- Colocación, extendido y conformación del material de reemplazo.
- Humectación y compactación del material hasta alcanzar el grado de compactación especificado.
- Control de calidad mediante ensayos de laboratorio y pruebas de campo.

Inversión final

La inversión final considera el costo total del proyecto una vez ejecutados los trabajos de mejoramiento. A continuación, se presenta los costos unitarios por m³ de terreno a mejorar.

Figura 33

Análisis de costos unitarios del mejoramiento por sustitución parcial.

Partida	01.01.01.01	CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 202.0000	EQ. 202.0000	Costo unitario directo por : m3			11.75
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
0101010005	Mano de Obra PEON	hh	2.0000	0.0792	17.81	1.41	
0301010006	Equipos HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		4.0000	1.41	0.06	
03011800020001	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0396	259.56	10.28	
10.34							
Partida	01.01.01.02	COLOCACION DE MATERIAL DE PRESTAMO					
Rendimiento	m3/DIA	MO. 750.0000	EQ. 750.0000	Costo unitario directo por : m3			26.96
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
0101010003	Mano de Obra OPERARIO	hh	1.0000	0.0107	25.04	0.27	
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0427	17.81	0.76	
1.03							
0207040004	Materiales MATERIAL DE PRESTAMO	m3		1.1000	18.46	20.31	
20.31							
0301010006	Equipos HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.03	0.03	
03011000060003	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135hp 10-12T	hm	1.0000	0.0107	175.31	1.88	
0301200002	MOTONIVELADORA 125HP	hm	1.0000	0.0107	274.18	2.93	
4.84							
010102010591	Subpartidas AGUA	m3		0.0500	15.66	0.78	
0.78							
Partida	01.01.02.01	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO D<=1KM					
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3k			5.50
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
0101010004	Mano de Obra OFICIAL	hh	0.2000	0.0046	19.68	0.09	
0.09							
03011600010005	Equipos CARGADOR S//LANTAS 125 HP 2.5 YD3. TRANS	hm	0.5000	0.0114	183.05	2.09	
03012200040005	CAMION VOLQUETE 6x4 330HP 15M3. TRANS	hm	1.0000	0.0229	144.92	3.32	
5.41							
Partida	01.01.02.02	TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO D>1KM					
Rendimiento	m3k/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3k			3.32
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
03012200040007	Equipos CAMION VOLQUETE 6x4 330 HP 15 M3.	hm	1.0000	0.0229	144.98	3.32	
3.32							

4.5.2. Sostenibilidad.

La estabilización de suelos mediante sustitución contribuye a la sostenibilidad del proyecto vial al mejorar el comportamiento estructural de la subrasante, optimizar los costos de mantenimiento y garantizar una mayor vida útil de la infraestructura.

4.5.3. Viabilidad.

La estabilización de suelos mediante sustitución se considera una alternativa viable para el mejoramiento de la subrasante, debido a su factibilidad técnica, económica y constructiva, contribuyendo a mejorar el desempeño estructural y la durabilidad del pavimento

4.5.4. Mantenimiento.

En las zonas de mejoramiento, el mantenimiento será preventivo, como limpieza de cunetas y sistemas de drenaje, eliminación de materiales acumulados en la plataforma vial, mas no existirá mantenimientos correctivos

4.5.5. Viabilidad técnica operativa y de gestión a corto y largo plazo.

Desde el punto de vista, la estabilización de suelos mediante sustitución representa una alternativa adecuada para mejorar las condiciones geotécnicas de la subrasante, especialmente en sectores donde se presentan suelos con alta plasticidad, baja capacidad portante o elevados niveles de saturación.

En el corto plazo, la gestión del proyecto debe enfocarse en garantizar la correcta ejecución de los trabajos de mejoramiento, asegurando el control de calidad de los materiales utilizados, el cumplimiento de las especificaciones técnicas y la adecuada supervisión de los procesos constructivos.

En el largo plazo, la viabilidad del proyecto se sustenta en la implementación de estrategias de mantenimiento y gestión de la infraestructura vial que permitan preservar las condiciones estructurales del pavimento y del suelo mejorado. En consecuencia, la aplicación de la estabilización de suelos mediante sustitución se considera una solución viable tanto desde el punto de vista técnico como operativo y de gestión, contribuyendo al desarrollo sostenible de la infraestructura vial y al mejoramiento de las condiciones de transitabilidad en la zona de estudio.

CONCLUSIONES

- Se analizó la incidencia de la aplicación de criterios geotécnicos, principalmente relacionados con las características del suelo tales como la plasticidad, compresibilidad, humedad natural e índice de liquidez para comprender el comportamiento del suelo de subrasante, considerando que, a pesar de presentar valores de CBR clasificados como aceptables o buenos, este puede presentar fallas en campo debido a condiciones desfavorables asociadas a su estado de consistencia, saturación o susceptibilidad a deformaciones.
- Se caracterizó diversos parámetros geotécnicos del suelo, tales como la plasticidad, compresibilidad, humedad natural, índice de liquidez e índice de consistencia, además del análisis de la capacidad portante mediante el ensayo CBR, el cual permitió comprender de manera más integral el comportamiento del suelo de subrasante, evidenciando la necesidad de aplicar técnicas de mejoramiento mediante sustitución parcial del material inadecuado en determinados tramos del proyecto.
- Se establecieron criterios geotécnicos que permitieron identificar las condiciones bajo las cuales el suelo natural resulta inadecuado para funcionar como subrasante, así como los requerimientos técnicos que deben cumplir los materiales de reemplazo utilizados en el proceso de sustitución parcial, en ese sentido, se determinó que los materiales seleccionados deben presentar características granulométricas adecuadas, baja plasticidad, menor susceptibilidad a cambios volumétricos y una mayor capacidad portante, con el fin de mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante, asimismo se determinó que el espesor de reemplazo adecuado mediante la evaluación de Boussinesq fue de 50 cm, siendo mayor a lo establecido según la metodología que menciona el manual de carreteras – sección suelos y pavimentos.

- La evaluación de la compactación y la deflectometría en los tramos intervenidos permitió comprobar que la aplicación del método de sustitución parcial de suelos contribuye significativamente a la optimización de subrasantes inadecuadas. Los resultados obtenidos evidencian que las capas mejoradas alcanzaron valores adecuados de densificación, cumpliendo con los criterios de compactación establecidos en el Manual de Carreteras: sección Suelos y Pavimentos del MTC. Asimismo, las mediciones de deflexión realizadas en los sectores evaluados muestran una reducción en las deformaciones superficiales, lo cual indica un incremento en la rigidez y capacidad estructural de la subrasante, mejorando así su desempeño frente a las cargas del tránsito.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, en proyectos de mejoramiento de subrasantes, no se utilice únicamente el valor de CBR como parámetro de evaluación, sino que se complementen los análisis con parámetros geotécnicos como el índice de consistencia, índice de liquidez, compresibilidad y la relación entre humedad natural y contenido óptimo de humedad, a fin de identificar suelos que, pese a presentar valores aceptables de CBR, pueden presentar fallas por saturación o pérdida de resistencia.
- Se recomienda que, en suelos destinados a mejorar con características geotécnicas inadecuadas, se apliquen criterios de evaluación que consideren parámetros como granulometría, plasticidad, susceptibilidad a cambios volumétricos y capacidad portante del suelo, con el fin de garantizar un adecuado comportamiento mecánico de la estructura del pavimento.
- Se sugiere que la determinación del espesor de reemplazo no se base únicamente en valores referenciales establecidos en normativas, sino que sea complementada mediante análisis geotécnicos más rigurosos, como la aplicación de la teoría de distribución de esfuerzos desarrollada por Joseph Valentin Boussinesq.
- Se recomienda que futuras investigaciones evalúen el comportamiento a largo plazo de subrasantes mejoradas mediante sustitución parcial, incorporando análisis de durabilidad, influencia de ciclos de humedad-sequedad y comparación con otras técnicas de estabilización como la estabilización química con cal o cemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alatríste Cruz, P. J. (2018). *Aplicación del diseño del MTC 2014 para optimizar la transitabilidad vehicular en pavimentos*. Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Lima.
- Andrade Cadena, C. M. (2020). *Estado del Arte sobre los Cambios Volumétricos en Suelos Expansivos y*. Tesis, Universidad Pontificia Bolivariana, Palmira.
- Barisoglu, E. N., Ghalandari, T., Snoeck, D., Verástegui-Flores, R. D., & Emidio, G. Di. (2025). Utilising construction and demolition waste in soft soil stabilisation: A prediction model for enhanced strength and stiffness. *Transportation Geotechnics*, 51(November 2024). <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2025.101530>
- Bellido, J. (2024). Vida útil de un puente. Algunas consideraciones prácticas para su determinación. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*, 12(02), 1–7.
- Berrosapi, E. (2024). “Estabilización de suelo-cemento en vías terciarias que contengan materiales granulares en el tramo 5 dv. Cocharcas - Huambo, región Ica, 2023”. Universidad de Huanuco.
- Briceño, A. (2019). *Universidad Peruana Los Andes*. Universidad Peruana los Andes.
- Ccansaya Maldonado, R. &. (2022). *Análisis comparativo entre los métodos de estabilización por sustitución y por adición de cal de obra, para el mejoramiento de una subrasante arcillosa en la carretera Canta – Huayllay Km 57–59*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú.
- Choque, C. (2024). *Optimización del Espesor de Afirmado Mediante Mejoramiento de la Capacidad de Soporte de la Subrasante con Adición de Aceite Sulfonado y Aditivo Puzolánico en la Carretera Rosaspata - Huayrapata 2024*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.I.
- Dhakal, S., Kolay, P., & Puri, V. (2024). Durability of clayey soil stabilized with calcium sulfoaluminate cement and polypropylene fiber under extreme environment. *Transportation Geotechnics*, 44(December 2023), 101164. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101164>

- Díaz, E., & Espinosa, G. (2020). Propuesta de diseño de pavimentos rígidos para subrasantes arenas limosas susceptibles a erosión en el proyecto Vía de Evitamiento del bajo Piura. En *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Espinoza Montes, C. (2014). research methodology.
- Hanco, P. (2024). *Evaluación del Espesor de Afirmado Mediante Mejoramiento de la Capacidad de Soporte de la Subrasante con Empleo de Concreto Reciclado Triturado en la Carretera Capachica-Ccotos 2024*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Hou, Y., Onyekwena, C. C., & Li, Q. (2025). Experimental investigation of marine soil stabilization with recycled aggregates and MgO: implications for CO₂ sequestration. *Canadian Geotechnical Journal*, 62, 1–17. <https://doi.org/10.1139/cgj-2024-0371>
- Jimenez Varón, M. C., & Otálvaro Gaviria, G. A. (2020). *Estudio comparativo del comportamiento de cimentaciones superficiales en suelos blandos, al implemetar rellenos granulares como técnica de mejoramiento*. Tesis Pregrado, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, Bogotá.
- Kari, M., & Olortegui, J. (2021). *Propuesta de mejora de la estructura del pavimento flexible reforzado con geocompuesto en la interfaz Subrasante – Subbase en la zona de los Pantanos de Villa – Chorrillos*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Maheepala, M. M. A. L. N., Nasvi, M. C. M., Robert, D. J., Gunasekara, C., & Kurukulasuriya, L. C. (2024). Mix optimization for expansive soil stabilized with a novel waste material-based geopolymerization approach. *Canadian Geotechnical Journal*, 61(10), 2180–2205. <https://doi.org/10.1139/cgj-2023-0271>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, M. (2013). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: 2 da edición.
- Nateros Enríquez, K. R. (2023). *Determinación de coeficientes de diseño para el cálculo del espesor de sustitución de subrasante*. Tesis, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.

- Niño, S., & Rivera, V. (2025). *Estudio de las Propiedades y Comportamiento de los Suelos en Colombia, Bajo Condiciones de Carga*. Universidad de Santander.
- Ramírez Garzón, E. T. (2021). *Métodos para Identificar Suelos Colapsables*. Proyecto de grado, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Bogotá.
- Risso Gauchi, V. (2017). Estudio de los métodos de investigación y técnicas de recolección de datos utilizadas en bibliotecología y ciencia de la información. Argentina.
- Thapa, I., Ghani, S., Kumar, N., Gupta, M., Saharan, S., Paramasivam, P., & Ayanie, A. G. (2025). Sustainable approach of strength measurement for soil's stabilized with geo-polymer with hybrid ensemble models. *Results in Engineering*, 27(July),
- Zeballos, A. (2022). *Aplicación de Parámetros Geotécnicos para Determinar la Capacidad de Soporte de la Subrasante en el Diseño de Vía de la Carretera Rural Ruta EMP.PE-15 (Gloria) Distrito de la Joya Provincia de Arequipa*. Universidad Católica de Santa María.

APÉNDICE

Apéndice N° 1 Matriz de consistencia del informe final de tesis

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICION	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo incide la aplicación de criterios geotécnicos para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025?	OBJETIVO GENERAL Analizar la incidencia de la aplicación de criterios geotécnicos para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025	Hipótesis general La aplicación de criterios geotécnicos en la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales incide significativamente en la mejora de las propiedades mecánicas, incrementando la capacidad de soporte y estabilidad de los suelos en la región Junín Hipótesis específica Las características geotécnicas iniciales de los suelos determinan su grado de susceptibilidad a mejora mediante sustituciones parciales, influyendo en su densidad, plasticidad y resistencia.	INDEPENDIENTE: Criterios geotécnicos	Características físicas y mecánicas del Suelo	Tamaño de partículas del suelo.	Grava, arenas o finos	Continua	NOMINAL	Tipo de investigación: Aplicada Nivel de investigación: Explicativo - Experimental Enfoque de investigación: Cuantitativo. Diseño de investigación: El diseño de investigación utilizará un esquema experimental. Cuando: 2025 Población y muestra: Población: La población estará definida suelos de proyectos de infraestructura vial de la región Junín. Muestra: Se tomará como muestra no probabilística por conveniencia: estará definida por la carretera Chupaca- Mito en la región Junín Técnicas e instrumentos: - Análisis observacional. - Estudios de suelos de la zona de estudio. - Aplicación de parámetros geotécnicos.
					Plasticidad del Suelo.	0-40%	Continua	NUMERICA	
					Relación de Soporte de California.	%	Discreta	NOMINAL	
				Criterios	Índice de consistencia	%	Continua	NUMERICA	
					Índice de Compresibilidad				
					Humedad natural vs OCH	%	Continua	NUMERICA	
					Humedad natural vs Limite liquido				
Presión sobre suelo									
PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Qué características geotécnicas de subrasantes inadecuadas se consideran para la optimización mediante sustituciones parciales, Junín 2025?	OBJETIVOS ESPECIFICOS Caracterizar las propiedades geotécnicas para la optimización de subrasantes inadecuadas mediante sustituciones parciales, Junín 2025		DEPENDIENTE: Optimización de subrasantes	Sustitución parcial de suelos	Ejes equivalentes.	ESAL	Continua	NUMERICA	
					Espesor de sustitución.	cm	Continua	NUMERICA	
					Material de sustitución.	A-1, A-2, A-3, A-4	Continua	NOMINAL	

Apéndice N° 2 Consentimiento informado de uso de datos


CONSORCIO SUPERVISOR


"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancayo, 15 de Febrero del 2026

CARTA N° 0201-2026-CONSORCIO SUPERVISOR

ATENCION : SR. JOSE SAUL HUAMAN ROMERO
TESISTA

ASUNTO : AUTORIZACIÓN PARA USO DE INFORMACIÓN TÉCNICA
PARA FINES ACADÉMICOS (CONSENTIMIENTO INFORMADO)

Presente.-

De mi consideración:

Por medio de la presente, yo, Ing. Dario A. Boza Tunqui, en calidad de Supervisor de Obra, expreso mi conformidad y autorización para que el Sr. Jose Saul Huaman Romero, identificado con DNI N.° 77693264 pueda hacer uso de información técnica generada durante la ejecución y supervisión de la Obra: **"MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -SICAYA -VICSO -ACO -MITO, L = 22+044 KM -PROVINCIAS DE CHUPACA, HUANCAYO, CONCEPCIÓN - JUNÍN"**, con CUI N° 2094853, con fines estrictamente académicos en el desarrollo de su trabajo de investigación o tesis.

La autorización comprende el uso referencial de información proveniente tanto de la Supervisión de Obra (Consorcio Supervisor) como de la Residencia de Obra (Consorcio del Centro), incluyendo, de manera no limitativa, la siguiente documentación:

- Resultados de ensayos de laboratorio y control de calidad.
- Registros de campo y control de obra.
- Información técnica relacionada con procesos constructivos.
- Datos necesarios para el análisis académico dentro del estudio.

La presente autorización se otorga bajo las siguientes condiciones:

1. La información será utilizada únicamente con fines académicos y de investigación, en el marco del desarrollo de la tesis correspondiente.
2. Se deberá respetar la confidencialidad de la información, evitando la divulgación de datos sensibles o contractuales que puedan comprometer a las entidades involucradas.
3. El uso de la información será exclusivamente para análisis técnico dentro del trabajo de investigación, sin fines comerciales o de lucro.
4. En caso de publicación o sustentación del trabajo, se deberá indicar que la información fue utilizada con autorización de la supervisión de obra.

Mediante la presente, manifiesto mi conformidad con el uso de la información en los términos antes señalados, en apoyo al desarrollo académico y la investigación en el campo de la ingeniería.

Sin otro particular, suscribo la presente para los fines que estime convenientes.

Atentamente,



CONSORCIO SUPERVISOR
ING. DARIO A. BOZA TUNQUI
CIP. N° 631623
SUPERVISOR DE OBRA




Jr. Mariscal Castilla N° 1897 - Of. 302 Chilca-Huancayo-Junin 933093020 consul.construc.montalvan@gmail.com

Apéndice N° 3 Ensayos de laboratorio - calicatas



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO / NTP 339.128

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+800

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Que Pasa
3"	75.000	0	0.00	0.00	100.0
2 1/2"	62.000	0	0.00	0.00	100.0
2"	50.000	0	0.00	0.00	100.0
1 1/2"	37.500	70	3.15	3.15	96.9
1"	25.000	86	3.87	7.02	93.0
3/4"	19.000	35	1.57	8.59	91.4
1/2"	12.500	48	2.16	10.75	89.2
3/8"	9.500	57	2.56	13.32	86.7
1/4"	6.300	72	3.24	16.55	83.4
N°4	4.750	49	2.20	18.76	81.2
N°10	2.000	97	4.36	23.12	76.9
N°20	0.850	38	1.71	24.83	75.2
N°30	0.600	46	2.07	26.90	73.1
N°40	0.425	38	1.71	28.61	71.4
N°60	0.250	42	1.89	30.50	69.5
N°100	0.150	56	2.52	33.02	67.0
N°200	0.075	77	3.46	36.48	63.5
FONDO		1412	63.52	100.00	0.0

COEFICIENTES DE FORMA

Coefficiente de uniformidad	Cu	6.0
Coefficiente de curvatura	Cc	1.5
Diámetro efectivo D ₁₀		0.0
Diámetro efectivo D ₃₀		0.0
Diámetro efectivo D ₆₀		0.1

MATERIAL PASANTE MALLA N° 200

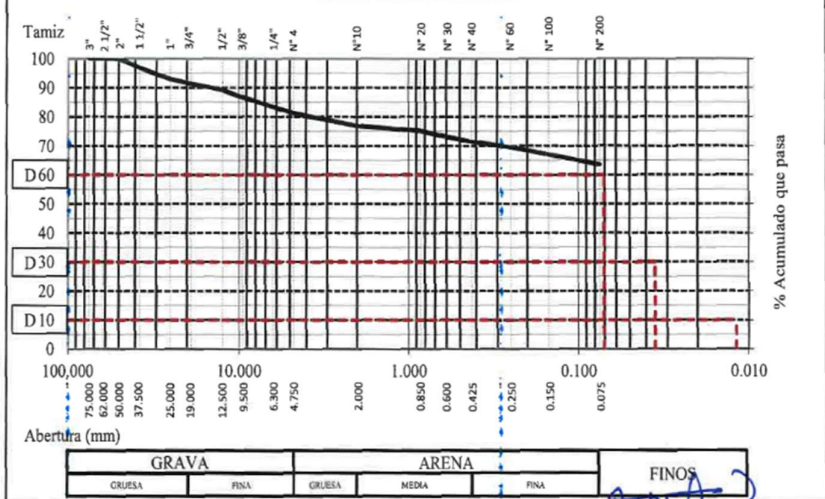
NTP 400.018 - ASTM C117

Peso de muestra seca (gr)	2223
Peso de muestra seca lavada (gr)	811
Material pasante N°200	63.5%

CANTIDAD DE MATERIALES

Grava	18.8%	
Grava gruesa	8.6%	
Grava fina	10.2%	
Arena	17.7%	
Arena gruesa	4.36%	
Arena media	5.49%	
Arena fina	7.87%	
Finos	63.5%	

CURVA GRANULOMETRICA



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 206000129003
 Cel: 9868471109 - 987115307
 Email: ccv@iccsah.com
 Jr. Miraflores N° 2115 - Huancayo

Ing. Eraldo E. Mauricio Flores
 CIP 339599



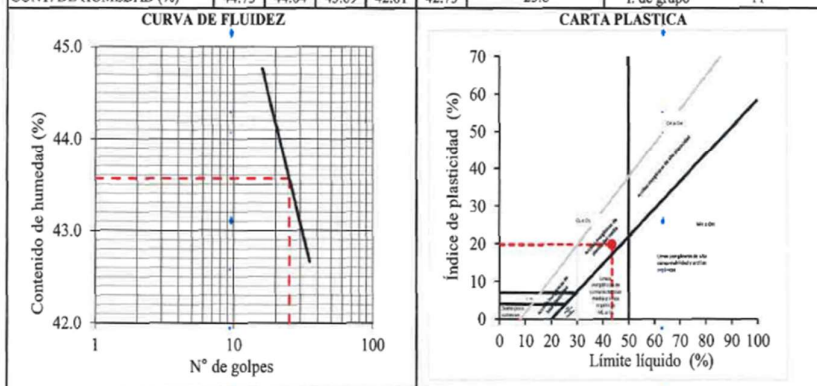
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARIO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISION : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE
 LOS SUELOS / NTP 339.129

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+800

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		LÍMITES DE ATTERBERG
CÓDIGO DE TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	48.41	42.33	46.03	44.75	49.59	30.90	32.51	% Limite Liquido 43.6%
SUELO SECO + TARA (gr)	40.02	35.87	39.24	37.75	41.42	28.57	29.04	% Limite Plastico 23.8%
PESO TARA (gr)	23.50	21.20	23.70	21.40	22.30	18.80	14.40	% Indice Plastico 19.8%
PESO DEL AGUA (gr)	7.39	6.46	6.79	7.00	8.17	2.33	3.47	ÍNDICES
SUELO SECO (gr)	16.52	14.67	15.54	16.35	19.12	9.77	14.64	L. de compresibilidad 0.30
N° GOLPES	16	21	25	31	35			L. de consistencia 1.23
CONT. DE HUMEDAD (%)	44.73	44.04	43.69	42.81	42.73	23.8		L. de fluidez -0.23
								L. de grupo 11



CARACTERÍSTICA DE LA COMBINACION

Índice de compresibilidad Estrato con compresibilidad media
 Índice de consistencia Estado sólido
 Índice de fluidez o liquidez Consistencia muy dura
 Colapsabilidad No colapsable

CLASIFICACION DE SUELOS

Clasif. SUCS CL
 Clasif. AASHTO A-7.6
 Clasif. ASTM D2321 Clase IV A
 Descripción ARCILLA MAGRA GRAVOSA
 CON ARENA, DE PLASTICIDAD MEDIA.

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600129903
 Cel: 986847100-987115307
 Email: iccsah@iccsah.com
 Jr. Miraflores N° 315 - Huancayo





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUÍ : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+800

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UNA MUESTRA DE SUELO / NTP 339.127

MUESTRA	W1	W2	W3
CÓDIGO DE TARA	TCH1	TCH2	TCH3
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	51.0	55.7	57.0
SUELO SECO + TARA (gr)	45.7	50.2	50.5
PESO TARA (gr)	18.2	19.1	18.6
PESO DEL AGUA (gr)	5.3	5.5	6.5
SUELO SECO (gr)	27.5	31.1	31.9
CONT. DE HUMEDAD (%)	19.3%	17.8%	20.5%

CONT. DE HUMEDAD 19.2%

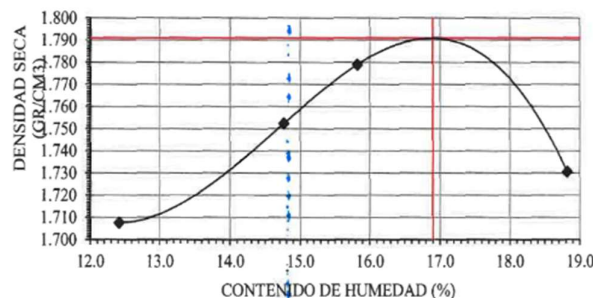
MÉTODO UTILIZADO: A

METODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)) / NTP 339.141

PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO + MOLDE (gr)	5936	6021	6067	6063
PESO DEL MOLDE (gr)	4152	4152	4152	4152
PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	1784	1869	1915	1911
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (gr/cm ³)	1.920	2.011	2.061	2.056

PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA (gr)	65.98	78.22	82.38	81.30
PESO DEL SUELO SECO + TARA (gr)	61.19	71.22	73.83	72.05
PESO DE LA TARA (gr)	22.60	23.80	19.80	22.90
PESO DEL AGUA (gr)	4.79	7.00	8.55	9.25
PESO DEL SUELO SECO (gr)	38.59	47.42	54.03	49.15

CONTENIDO DE AGUA (%)	12.41	14.76	15.82	18.82
PESO VOLUMETRICO SECO (gr/cm ³)	1.708	1.752	1.779	1.731



MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.791
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.90

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO Y HIDRAULICA S.A.C.
 RUC: 206600129063
 Cel: 986847100-987115507
 Email: iccvahac@gmail.com
 Jr. Miraflores N° 219 - Huancayo

[Signature]
 Ing. Civil J. P. Mauricio Flores
 CIP. 339596
 ICCSAH S.A.C.
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO Y HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+800

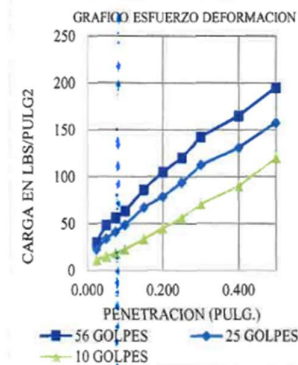
ENSAYO DE CBR

DATOS DEL ENSAYO DE PROCTOR

MDS	1.791	gr./cm ³	OCH	16.90	%
-----	-------	---------------------	-----	-------	---

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	6	5
N° de golpes por capa	56	25	10
MUESTRA	SATURADO	SATURADO	SATURADO
Peso del molde + suelo humedo	13533	13324	13166
Peso del molde	9146	9126	9133
Peso del suelo humedo	4387	4198	4033
Volumen del molde	2095	2095	2095
Densidad humeda	2.094	2.004	1.925
% de humedad	16.90	16.90	16.90
Densidad seca	1.791	1.714	1.647

PENETRACION (PULGADAS)	56			25			10		
	DIAL	LBS	LBS/PUL2	DIAL	LBS	LBS/PUL2	DIAL	LBS	LBS/PUL2
0.025	9	90	30	7	68	23	3	34	11
0.050	14	147	49	10	102	34	4	45	15
0.075	17	169	56	12	124	41	6	56	19
0.100	19	192	64	14	147	49	7	68	23
0.150	25	260	87	20	203	68	10	102	34
0.200	31	316	105	23	237	79	13	135	45
0.250	35	361	120	28	282	94	17	169	56
0.300	42	429	143	33	338	113	21	214	71
0.400	49	496	165	39	395	132	26	271	90
0.500	57	587	196	46	474	158	35	361	120



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO Y HERRAJERIA S.A.C.
 RUC : 20600129003
 Cel : 986847100 987115307
 Email : icvibac@gmail.com
 Jr. Miraflores N° 215 - Higueron

DESCRIPCION	56	25	10
DIAL (pulgadas)	0.0000	0.0000	0.0000
DIAL (pulgadas)	0.0860	0.1050	0.1240
diferencia en pulgadas	0.0860	0.1050	0.1240
diferencia en mm	2.1844	2.6670	3.1496
expansion	0.0172	0.0210	0.0248

VELOCIDAD DEL ENSAYO 1.27 mm/min.

Ing. Civil Job P. Mauricio Flores
 CIP. 339596
ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, ASFALTO Y HERRAJERIA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNÍN", CUI N° 2094853.

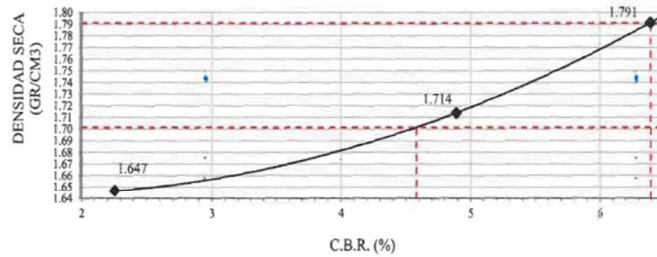
UBICACIÓN : CHUPACA
 : HUANCAYO
 : CONCEPCIÓN
 F. DE EMISIÓN : JULIO 2025

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+800

ENSAYO DE CBR

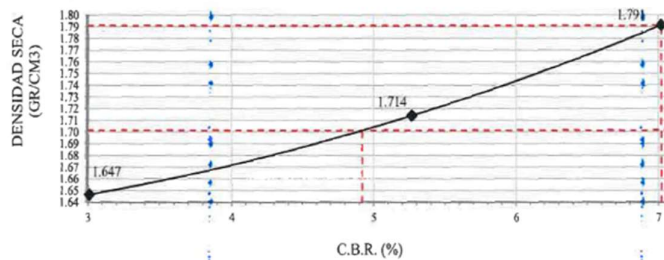
PENETRACION DE 0.1"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	6.4	1.791
25	4.9	1.714
10	2.3	1.647

%CBR 100%MDS		
0.1"	1.791	6.4
%CBR 95%MDS		
0.1"	1.701	4.6



PENETRACION 0.2"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	7.0	1.791
25	5.3	1.714
10	3.0	1.647

%CBR 100%MDS		
0.2"	1.791	7.0
%CBR 95%MDS		
0.2"	1.701	4.9



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC: 206600129603
 Cel: 986847100- 987115307
 Email: iccsahac@gmail.com
 Ir. Miroslav n° 415 - Huancayo

Ing. Civil Job P. Mauricio Flores
 CIP. 335995
ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO	: EMS-0011-072025	UBICACIÓN	: CHUPACA
RESIDENTE	: ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO		: HUANCAYO
SUPERVISOR	: ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI		: CONCEPCIÓN
SOLICITANTE	: CONSORCIO DEL CENTRO	F. DE EMISIÓN	: JULIO 2025
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA - SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM - PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO, CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.		

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO / NTP 339.128

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+650

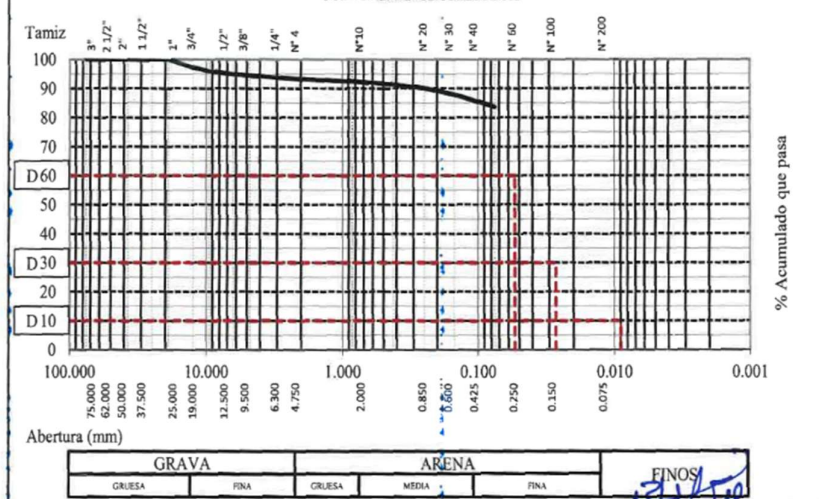
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Retenido (gr)	Retenido (%)	Acumulado	
				% Retenido	% Que Pasa
3"	75.000	0	0.00	0.00	100.0
2 1/2"	62.000	0	0.00	0.00	100.0
2"	50.000	0	0.00	0.00	100.0
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.0
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.0
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.0
1/2"	12.500	46	2.78	2.78	97.2
3/8"	9.500	20	1.21	4.00	96.0
1/4"	6.300	17	1.03	5.02	95.0
Nº4	4.750	9	0.54	5.57	94.4
Nº10	2.000	20	1.21	6.78	93.2
Nº20	0.850	13	0.79	7.57	92.4
Nº30	0.600	7	0.42	7.99	92.0
Nº40	0.425	10	0.61	8.60	91.4
Nº60	0.250	21	1.27	9.87	90.1
Nº100	0.150	36	2.18	12.05	88.0
Nº200	0.075	70	4.24	16.28	83.7
FONDO		1383	83.72	100.00	0.0

COEFICIENTES DE FORMA		
Coeficiente de uniformidad	Cu	6.00
Coeficiente de curvatura	Cc	1.50
Diámetro efectivo D 10		0.00
Diámetro efectivo D 30		0.00
Diámetro efectivo D 60		0.00

MATERIAL PASANTE MALLA Nº 200		
NTP 400.018 - ASTM C117		
Peso de muestra seca (gr)		1652
Peso de muestra seca lavada (gr)		269
Material pasante Nº200		83.7%

CANTIDAD DE MATERIALES		
Grava	5.6%	
	Grava gruesa	0.0%
	Grava fina	5.6%
Arena	10.7%	
	Arena gruesa	1.21%
	Arena media	1.82%
	Arena fina	7.69%
Finos	83.7%	

CURVA GRANULOMETRICA



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
RUC : 20600129903
Cel.: 986847109 / 987115307
Email: iccsahnac@gmail.com
Jr. Miraflores n° 415 - Huancayo

Eng. Civil 100 P. Mauricio Florio
CIP. 339596
MICCSA
REGISTRADA EM CARTÃO DE IDENTIFICAÇÃO, RESOLUÇÃO 10.000/2003-1



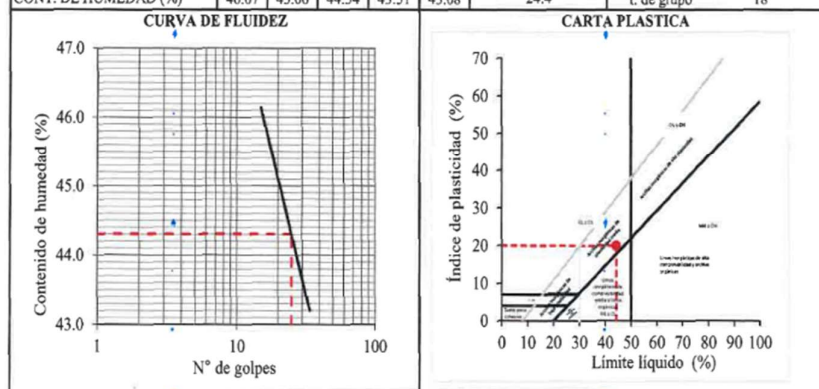
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN, CUI N° 2094853.

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE
 LOS SUELOS / NTP 339.129

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+650

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO	LÍMITES DE ATTERBERG	
CÓDIGO DE TARA	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	% Limite Liquido	44.3%
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	51.30	45.82	49.81	48.43	53.66	33.37	33.48	% Limite Plastico	24.4%
SUELO SECO + TARA (gr)	43.10	38.70	42.35	40.75	44.73	30.82	30.87	% Indice Plastico	19.9%
PESO TARA (gr)	25.30	22.90	25.60	23.10	24.00	20.00	20.50	ÍNDICES	
PESO DEL AGUA (gr)	8.20	7.12	7.46	7.68	8.93	2.55	2.61	I. de compresibilidad	0.31
SUELO SECO (gr)	17.80	15.80	16.75	17.65	20.73	10.82	10.37	I. de consistencia	1.30
N° GOLPES	15	20	26	30	34			I. de fluidez	-0.30
CONT. DE HUMEDAD (%)	46.07	45.06	44.54	43.51	43.08	24.4		I. de grupo	18



CARACTERÍSTICAS DE LA COMBINACION

Índice de compresibilidad : Estrato con compresibilidad media
 Índice de consistencia : Estado sólido
 Índice de fluidez o liquidez : Consistencia muy dura
 Colapsabilidad : No colapsable

CLASIFICACION DE SUELOS

Clasif. SUCS : CL
 Clasif. AASHTO : A - 7 - 6
 Clasif. ASTM D2321 : Clase IV A
 Descripción : ARCILLA MAGRA CON
 ARENA, DE PLASTICIDAD
 MEDIA

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600129903
 Cel. 986847190- 987115307
 Email: sccvibase@gmail.com
 Jr. Miniflores N° 215 - Huancayo

[Handwritten signature]
 Ing. Carlos Freddy Espinoza Santiago
 CIP 339296
MCCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22-044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+650

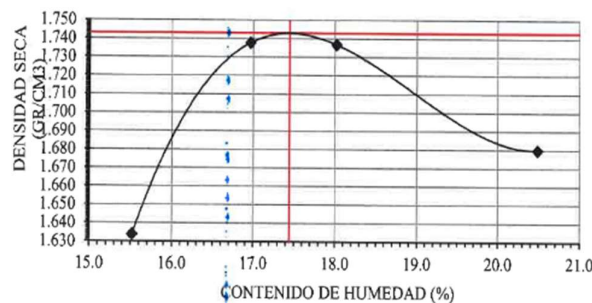
ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UNA MUESTRA DE SUELO / NTP 339.127

MUESTRA	W1	W2	W3	CONT. DE HUMEDAD
CÓDIGO DE TARA	TCH4	TCH5	TCH6	18.3%
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	63.5	60.6	69.8	
SUELO SECO + TARA (gr)	55.9	53.6	61.3	
PESO TARA (gr)	14.8	14.8	14.9	
PESO DEL AGUA (gr)	7.6	7.1	8.5	
SUELO SECO (gr)	41.1	38.8	46.4	
CONT. DE HUMEDAD (%)	18.4%	18.2%	18.4%	

MÉTODO UTILIZADO: A

METODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)) / NTP 339.141

PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO + MOLDE (gr)	5906	6041	6057	6033
PESO DEL MOLDE (gr)	4152	4152	4152	4152
PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	1754	1889	1905	1881
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (gr/cm ³)	1.887	2.033	2.050	2.024
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA (gr)	72.56	85.78	90.27	89.10
PESO DEL SUELO SECO + TARA (gr)	66.09	76.92	79.74	77.81
PESO DE LA TARA (gr)	24.40	24.70	21.30	22.70
PESO DEL AGUA (gr)	6.47	8.86	10.53	11.29
PESO DEL SUELO SECO (gr)	41.69	52.22	58.44	55.11
CONTENIDO DE AGUA (%)	15.52	16.97	18.02	20.49
PESO VOLUMETRICO SECO (gr/cm ³)	1.634	1.738	1.737	1.680



MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.743
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.45

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 2099012903
 Cel : 986847109 - 987115307
 Email : socabuse@gmail.com
 Jr. Miraflores 415 - Huancayo

Ing. Darío P. Mauricio Flores
 CIP. 339598
MCCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM - -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+650

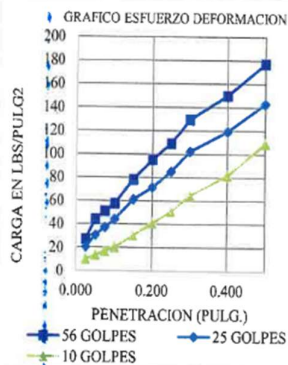
ENSAYO DE CBR

DATOS DEL ENSAYO DE PROCTOR

MDS	1.743	gr./cm ³	OCH	17.45	%
-----	-------	---------------------	-----	-------	---

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
MUESTRA	SATURADO	SATURADO	SATURADO
Peso del molde + suelo humedo	13435	13228	13070
Peso del molde	9146	9126	9133
Peso del suelo humedo	4289	4102	3937
Volumen del molde	2095	2095	2095
Densidad humeda	2.047	1.958	1.879
% de humedad	17.45	17.45	17.45
Densidad seca	1.743	1.667	1.600

PENETRACION (PULGADAS)	56			25			10		
	DIAL	LBS	LBS/PUL2	DIAL	LBS	LBS/PUL2	DIAL	LBS	LBS/PUL2
0.025	8	82	27	6	61	20	3	31	10
0.050	13	133	44	9	92	31	4	41	14
0.075	15	154	51	11	113	38	5	51	17
0.100	17	174	58	13	133	44	6	61	20
0.150	23	235	78	18	184	61	9	92	31
0.200	28	287	96	21	215	72	12	123	41
0.250	32	327	109	25	256	85	15	154	51
0.300	38	389	130	30	307	102	19	194	65
0.400	44	450	150	35	358	119	24	246	82
0.500	52	532	177	42	430	143	32	327	109



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC: 20600129903
 CUI: 9868-7100-287115307
 Email: iccsah@gmail.com
 Jr. Virreyes n° 411 - Huancayo

DESCRIPCION	56	25	10
DIAL (pulgadas)	0.0000	0.0000	0.0000
DIAL (pulgadas)	0.0950	0.1110	0.1300
diferencia en pulgadas	0.0950	0.1110	0.1300
diferencia en mm	2.4130	2.8194	3.3020
expansion	0.0190	0.0222	0.0260

VELOCIDAD DEL ENSAYO 1.27 mm/min.

Ing. Darío Andrés Boza Tunqui
 CIP. 339556
 ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

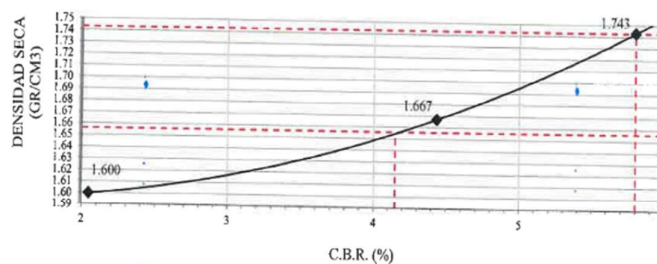
CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARIO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06-650

ENSAYO DE CBR

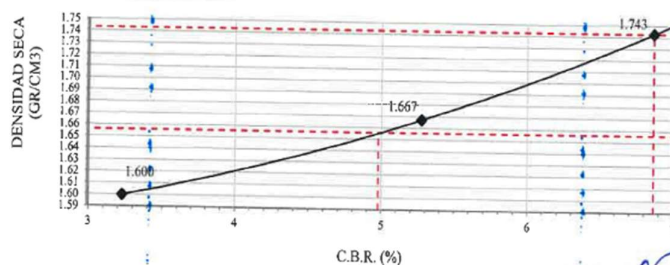
PENETRACION DE 0.1"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	5.8	1.743
25	4.4	1.667
10	2.0	1.600

%CBR 100%MDS		
0.1"	1.743	5.8
%CBR 95%MDS		
0.1"	1.656	4.2



PENETRACION 0.2"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	6.4	1.743
25	4.8	1.667
10	2.7	1.600

%CBR 100%MDS		
0.2"	1.743	6.4
%CBR 95%MDS		
0.2"	1.656	4.5



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 R.U.C : 20600129903
 Cel: 986847100 987115307
 Email: iccsah@gmail.com
 Jr. Miraflores 415 - Huancayo

Ing. Civil Jhon P. Mauricio Flores
 CIP 3339596
ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS Y HIDRAULICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUÍ : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNÍN", CUI N° 2094853.

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO / NTP 339.128

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+450

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Retenido (gr)	% Retenido	% Que Pasa	Acumulado
3"	75.000	0	0.00	100.0	0.00
2 1/2"	62.000	0	0.00	100.0	0.00
2"	50.000	0	0.00	100.0	0.00
1 1/2"	37.500	120	4.68	95.3	4.68
1"	25.000	99	3.86	96.1	8.54
3/4"	19.000	40	1.56	98.4	10.10
1/2"	12.500	55	2.15	97.8	12.25
3/8"	9.500	65	2.54	97.5	14.79
1/4"	6.300	63	2.46	95.0	17.24
Nº4	4.750	56	2.18	97.8	19.42
Nº10	2.000	111	4.33	93.5	23.75
Nº20	0.850	43	1.68	91.8	25.43
Nº30	0.600	53	2.07	89.7	27.50
Nº40	0.425	43	1.68	88.0	29.17
Nº60	0.250	48	1.87	86.1	31.05
Nº100	0.150	64	2.50	83.6	33.54
Nº200	0.075	58	2.26	81.3	35.80
FONDO		1646	64.20	35.80	100.00

COEFICIENTES DE FORMA

Coefficiente de uniformidad	Cu	6.0
Coefficiente de curvatura	Cc	1.5
Diámetro efectivo D 10		0.0
Diámetro efectivo D 30		0.0
Diámetro efectivo D 60		0.1

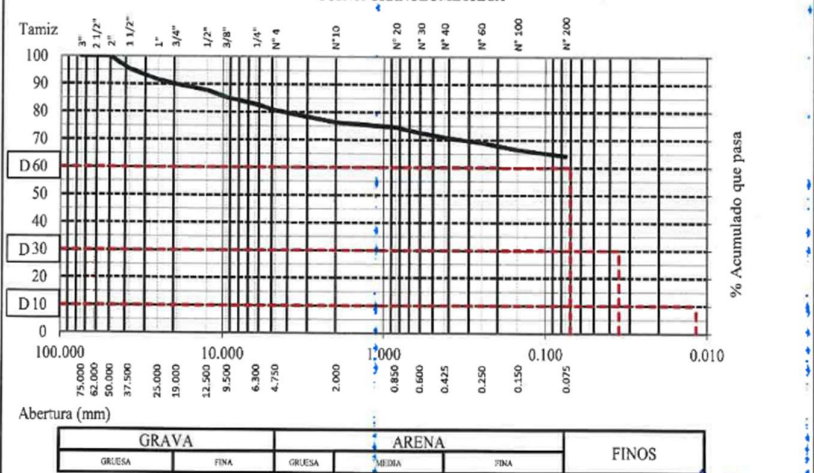
MATERIAL PASANTE MALLA Nº 200

NTP 400.018 - ASTM C117	
Peso de muestra seca (gr)	2564
Peso de muestra seca lavada (gr)	918
Material pasante Nº200	64.2%

CANTIDAD DE MATERIALES

Grava	19.4%
Grava gruesa	10.1%
Grava fina	9.3%
Arena	16.4%
Arena gruesa	4.33%
Arena media	5.42%
Arena fina	6.63%
Finos	64.2%

CURVA GRANULOMÉTRICA



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 R.C.C. 20600129953
 Cel.: 986847109 - 987115137
 Email: iccsah@gmail.com
 Jr. Miniflores 4° 415 - Huancayo

[Firma]
 Ing. Abel P. Mauricio Flores
 CIP. 339596
ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



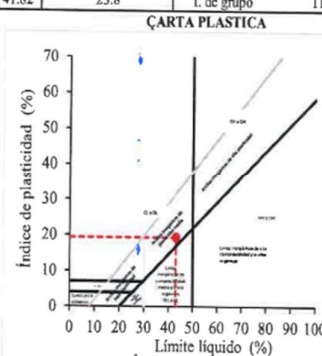
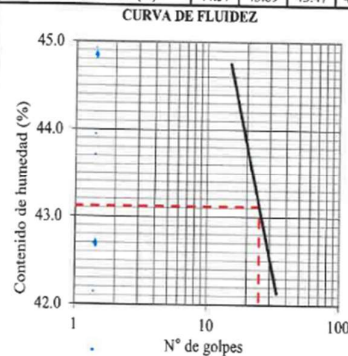
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNÍN", CUI N° 2094853.

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS / NTP 339.129

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+450

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO	LÍMITES DE ATTERBERG
CÓDIGO DE TARA	T15	T16	T17	T18	T19	T20	% Limite Líquido 43.1%
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	49.54	44.23	48.10	46.76	51.82	32.29	% Limite Plástico 23.8%
SUELO SECO + TARA (gr)	41.82	37.48	41.01	39.45	43.41	29.06	% Índice Plástico 19.3%
PESO TARA (gr)	24.50	22.10	24.70	22.30	23.30	15.50	ÍNDICES
PESO DEL AGUA (gr)	7.72	6.75	7.09	7.31	8.41	3.23	I. de compresibilidad 0.30
SUELO SECO (gr)	17.32	15.38	16.31	17.15	20.11	13.56	I. de consistencia 1.35
N° GOLPES	15	20	25	30	34		I. de fluidez -0.35
CONT. DE HUMEDAD (%)	44.57	43.89	43.47	42.62	41.82	23.8	I. de grupo 11



CARACTERÍSTICA DE LA COMBINACION

Índice de compresibilidad : Estrato con compresibilidad media
 Índice de consistencia : Estado sólido
 Índice de fluidez o liquidez : Consistencia muy dura
 Colapsabilidad : No colapsable

CLASIFICACION DE SUELOS

Clasif. SUCS : CL
 Clasif. AASHTO : A - 7 - 6
 Clasif. ASTM D2321 : Clase IV A
 Descripción : ARCILLA MAGRA GRAVOSA CON ARENA, DE PLASTICIDAD MEDIA.

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD Y CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600129003
 Cel: 986847109 917115507
 Email: icv@icvsa.com
 Jr. Miraflores n° 415 - Huancayo

[Firma]
 Ing. Civil Job P. Mauricio Flores
 CIP 339596
ICCSAH
 INSTITUTO DE CALIDAD EN CONSTRUCCION Y ASFALTO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNÍN", CUI N° 2094853.

UBICACIÓN : CHUPACA
 : HUANCAYO
 : CONCEPCIÓN
 F. DE EMISIÓN : JULIO 2025

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+450

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UNA MUESTRA DE SUELO / NTP 339.127

MUESTRA	W1	W2	W3
CÓDIGO DE TARA	TCH7	TCH8	TCH9
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	62.3	65.0	69.4
SUELO SECO + TARA (gr)	55.8	57.6	62.0
PESO TARA (gr)	18.7	14.8	18.1
PESO DEL AGUA (gr)	6.5	7.3	7.4
SUELO SECO (gr)	37.1	42.8	43.9
CONT. DE HUMEDAD (%)	17.5%	17.1%	16.9%

CONT. DE HUMEDAD : 17.2%

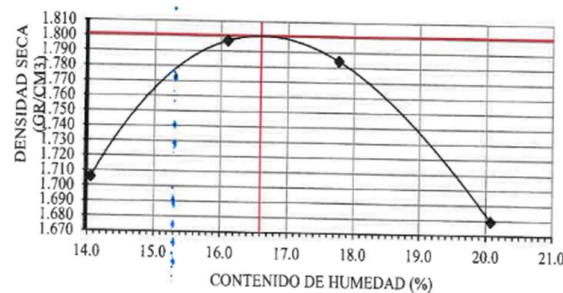
MÉTODO UTILIZADO: A

METODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)) / NTP 339.141

PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO + MOLDE (gr)	5960	6091	6105	6028
PESO DEL MOLDE (gr)	4152	4152	4152	4152
PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	1808	1939	1953	1874
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (gr/cm ³)	1.945	2.086	2.101	2.016

PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA (gr)	72.86	86.08	90.57	89.40
PESO DEL SUELO SECO + TARA (gr)	66.89	77.21	80.74	78.25
PESO DE LA TARA (gr)	24.40	22.10	25.40	22.70
PESO DEL AGUA (gr)	5.97	8.87	9.83	11.15
PESO DEL SUELO SECO (gr)	42.49	55.11	55.34	55.55

CONTENIDO DE AGUA (%)	14.05	16.10	17.76	20.07
PESO VOLUMETRICO SECO (gr/cm ³)	1.706	1.797	1.784	1.679



MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.801
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.60

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600120603
 Cui: 966477109 / 987115307
 Email: iccsah@gmail.com
 Jr. Marañones n° 215 - Huancayo

[Signature]
 Ing. Civil Job P. Mauricio Flores
 CIP. 319596
 ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARIO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISION : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+450

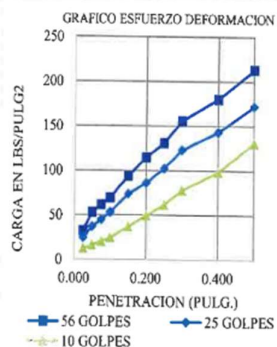
ENSAYO DE CBR

DATOS DEL ENSAYO DE PROCTOR

MDS	1.801	gr/cm3	OCH	16.60	%
-----	-------	--------	-----	-------	---

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
MUESTRA	SATURADO	SATURADO	SATURADO
Peso del molde + suelo humedo	13547	13337	13178
Peso del molde	9146	9126	9133
Peso del suelo humedo	4401	4211	4045
Volumen del molde	2095	2095	2095
Densidad humeda	2.100	2.010	1.931
% de humedad	16.60	16.60	16.60
Densidad seca	1.801	1.724	1.656

PENETRACION (PULGADAS)	56			25			10		
	DIAL	LBS	LBS/PUL.2	DIAL	LBS	LBS/PUL.2	DIAL	LBS	LBS/PUL.2
0.025	10	98	33	7	74	25	4	37	12
0.050	16	160	53	11	111	37	5	49	16
0.075	18	184	61	13	135	45	6	61	20
0.100	20	209	70	16	160	53	7	74	25
0.150	28	283	94	22	221	74	11	111	37
0.200	34	344	115	25	258	86	14	148	49
0.250	38	394	131	30	307	102	18	184	61
0.300	46	467	156	36	369	123	23	234	78
0.400	53	541	180	42	430	143	29	295	98
0.500	62	640	213	50	517	172	38	394	131



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

DESCRIPCION	56	25	10
DIAL (pulgadas)	0.0000	0.0000	0.0000
DIAL (pulgadas)	0.0790	0.0970	0.1180
diferencia en pulgadas	0.0790	0.0970	0.1180
diferencia en mm	2.0066	2.4638	2.9972
expansion	0.0158	0.0194	0.0236

VELOCIDAD DEL ENSAYO 1.27 mm/min.

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 2060012903
 Cel: 916837109-987115307
 Email: iccsahac@gmail.com
 Jr. Miraflores 4° 415 - Huancayo

[Firma]
 Ing. Civil Job P. Mauricio Flores
 CIP 339596
ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN, CUI N° 2094853.

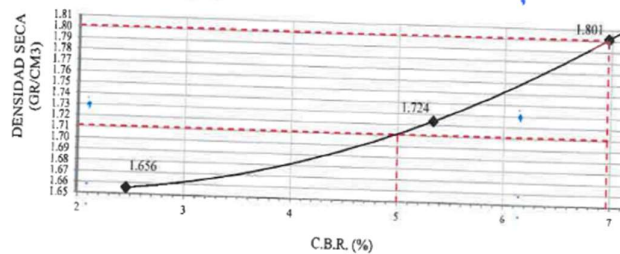
UBICACIÓN : CHUPACA
 : HUANCAYO
 : CONCEPCIÓN
 F. DE EMISION : JULIO 2025

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+450

ENSAYO DE CBR

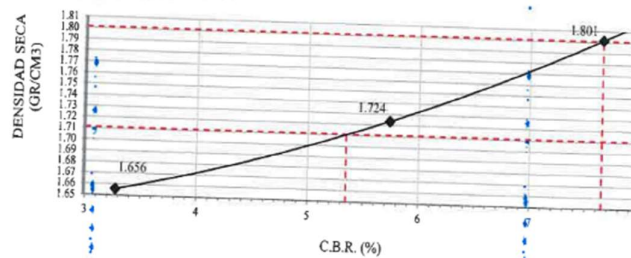
PENETRACION DE 0.1"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	7.0	1.801
25	5.3	1.724
10	2.5	1.656

%CBR 100%MDS		
0.1"	1.801	7.0
%CBR 95%MDS		
0.1"	1.711	5.0



PENETRACION 0.2"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	7.7	1.801
25	5.7	1.724
10	3.3	1.656

%CBR 100%MDS		
0.2"	1.801	7.7
%CBR 95%MDS		
0.2"	1.711	5.4



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS, ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600120003
 Cui : 98684700 / 987115307
 Email: drevchase@gmail.com
 Jr. Minatitrepes 415 - Huancayo

Ing. Civil Job P. Mauricio Flores
 CIP 339596
ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN" CUI N° 2094853.

UBICACIÓN : CHUPACA
 : HUANCAYO
 : CONCEPCIÓN
 F. DE EMISIÓN : JULIO 2025

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO / NTP 339.128

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+188

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Retenido (gr)	% Retenido	% Regrido	% Que Pasa
3"	75.000	0	0.00	0.00	100.0
2 1/2"	62.000	0	0.00	0.00	100.0
2"	50.000	0	0.00	0.00	100.0
1 1/2"	37.500	0	0.00	0.00	100.0
1"	25.000	0	0.00	0.00	100.0
3/4"	19.000	0	0.00	0.00	100.0
1/2"	12.500	32	1.69	1.69	98.3
3/8"	9.500	22	1.16	2.85	97.2
1/4"	6.300	19	1.00	3.85	96.2
N°4	4.750	10	0.53	4.38	95.6
N°10	2.000	22	1.16	5.54	94.5
N°20	0.850	14	0.74	6.27	93.7
N°30	0.600	8	0.42	6.69	93.3
N°40	0.425	14	0.74	7.43	92.6
N°60	0.250	34	1.79	9.23	90.8
N°100	0.150	51	2.69	11.91	88.1
N°200	0.075	74	3.90	15.81	84.2
FONDO		1597	84.19	100.00	0.0

COEFICIENTES DE FORMA

Coefficiente de uniformidad Cu : 6.0
 Coeficiente de curvatura Cc : 1.5
 Diámetro efectivo D₁₀ : 0.0
 Diámetro efectivo D₃₀ : 0.0
 Diámetro efectivo D₆₀ : 0.1

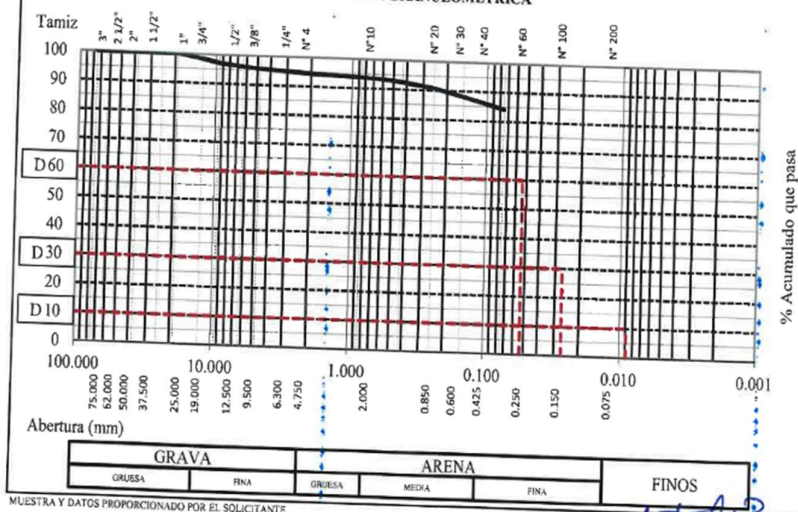
MATERIAL PASANTE MALLA N° 200

NTP 400.018 - ASTM C117
 Peso de muestra seca (gr) : 1897
 Peso de muestra seca lavada (gr) : 300
 Material pasante N°200 : 84.2%

CANTIDAD DE MATERIALES

Grava : 4.4%
 Grava gruesa : 0.0%
 Grava fina : 4.4%
 Arena : 11.4%
 Arena gruesa : 1.16%
 Arena media : 1.90%
 Arena fina : 8.38%
 Finos : 84.2%

CURVA GRANULOMETRICA



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 29600129003
 Cel : 986847100-987115307
 Email : iccsah@gmail.com
 H : Miraflores 415 - Huancayo

Ing. Darío Andrés Boza Tunqui
 CIP. 339596
 ICCSAH



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

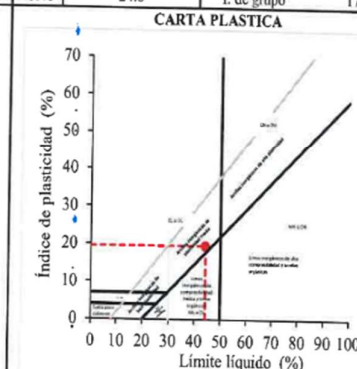
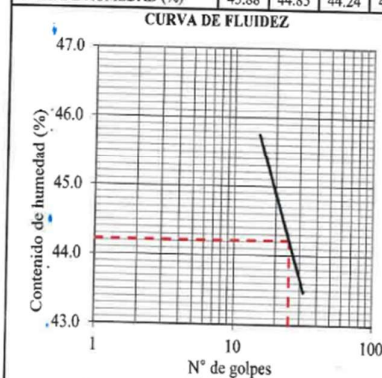
CÓDIGO : EMS-0011-072025
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNÍN", CUI N° 2094853.

UBICACIÓN : CHUPACA
 : HUANCAYO
 : CONCEPCIÓN
 F. DE EMISION : JULIO 2025

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE
 LOS SUELOS / NTP 339.129

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+188

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		LÍMITES DE ATTERBERG	
CÓDIGO DE TARA	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	% Limite Liquido	
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	57.40	51.49	55.79	54.30	59.95	67.84	37.96	% Limite Plastico	44.2%
SUELO SECO + TARA (gr)	46.55	42.70	46.04	44.11	48.51	35.35	35.49	% Indice Plastico	24.8%
PESO TARA (gr)	22.90	23.10	24.00	20.80	22.20	25.30	25.50	ÍNDICES	
PESO DEL AGUA (gr)	10.85	8.79	9.75	10.19	11.44	2.49	2.47	I. de compresibilidad	0.31
SUELO SECO (gr)	23.65	19.60	22.04	23.31	26.31	10.05	9.99	I. de consistencia	0.89
N° GOLPES	15	19	25	30	32			I. de fluidez	0.11
CONT. DE HUMEDAD (%)	45.88	44.85	44.24	43.72	43.48			I. de grupo	17



CARACTERÍSTICA DE LA COMBINACION

Índice de compresibilidad : Estrato con compresibilidad media
 Índice de consistencia : Estado sólido
 Índice de fluidez o liquidez : Consistencia muy dura
 Colapsabilidad : No colapsable

CLASIFICACION DE SUELOS

Clasif. SUCS : CL
 Clasif. AASHTO : A - 7 - 6
 Clasif. ASTM D2321 : Clase IV A
 Descripción : ARCILLA MAGRA CON
 ARENA, DE PLASTICIDAD
 MEDIA

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC: 20660129803
 Cel: 986847106-987124307
 Email: iccsah@gmail.com
 Jr. Miraflores N° 215 - Huancayo

Ing. Abel P. Mauricio Flores
 CIP 339566





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNÍN", CUI N° 2094853.

UBICACIÓN : CHUPACA
 : HUANCAYO
 : CONCEPCIÓN
 F. DE EMISIÓN : JULIO 2025

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+188

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UNA MUESTRA DE SUELO / NTP 339.127

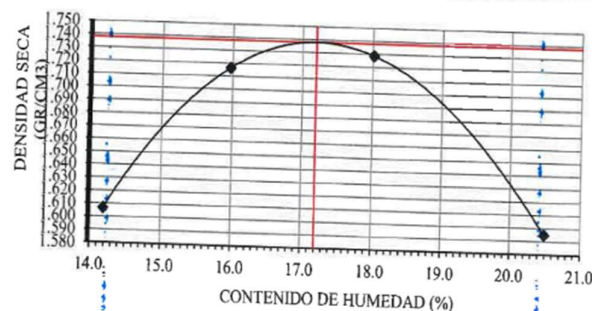
MUESTRA	W1	W2	W3
CÓDIGO DE TARA	TCH10	TCH11	TCH12
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	53.2	62.9	49.4
SUELO SECO + TARA (gr)	46.3	53.6	42.5
PESO TARA (gr)	18.6	18.6	19.0
PESO DEL AGUA (gr)	6.9	9.2	6.9
SUELO SECO (gr)	27.7	35.0	23.5
CONT. DE HUMEDAD (%)	24.8%	26.3%	29.5%

CONT. DE HUMEDAD 26.9%

MÉTODO UTILIZADO: A

METODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700kN-m/m³ (56,000 pie-lb/ft³)) / NTP 339.141

PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO + MOLDE (gr)	5857	6002	6048	5938
PESO DEL MOLDE (gr)	4152	4152	4152	4152
PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	1705	1850	1896	1786
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (gr/cm ³)	1.835	1.991	2.040	1.922
PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA (gr)	78.36	92.64	97.49	96.23
PESO DEL SUELO SECO + TARA (gr)	71.68	83.01	86.12	84.03
PESO DE LA TARA (gr)	24.60	22.70	23.00	24.50
PESO DEL AGUA (gr)	6.68	9.63	11.37	12.20
PESO DEL SUELO SECO (gr)	47.08	60.31	63.12	59.53
CONTENIDO DE AGUA (%)	14.19	15.97	18.01	20.49
PESO VOLUMETRICO SECO (gr/cm ³)	1.607	1.717	1.729	1.595



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC: 2060129903
 Cel: 986847109-947115197
 Email: iccsah@gmail.com
 Jr. Miraflores N° 414 - Huancayo

Manfredo Flores
 CIP. 339596
ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO E HIDRAULICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO F. DE EMISIÓN : JULIO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+188

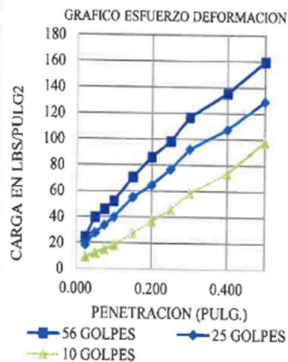
ENSAYO DE CBR

DATOS DEL ENSAYO DE PROCTOR

MDS	1.738	gr./cm ³	OCH	17.20	%
-----	-------	---------------------	-----	-------	---

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
MUESTRA	SATURADO	SATURADO	SATURADO
Peso del molde + suelo húmedo	13414	13203	13055
Peso del molde	9146	9126	9133
Peso del suelo húmedo	4268	4077	3922
Volumen del molde	2095	2095	2095
Densidad húmeda	2.037	1.946	1.872
% de humedad	17.20	17.20	17.20
Densidad seca	1.738	1.660	1.597

PENETRACION (PULGADAS)	56			25			10		
	DIAL	LBS	LBS/PUL2	DIAL	LBS	LBS/PUL2	DIAL	LBS	LBS/PUL2
0.025	7	74	25	5	55	18	3	28	9
0.050	12	120	40	8	83	28	4	37	12
0.075	14	139	46	10	102	34	5	46	15
0.100	15	157	52	12	120	40	5	55	18
0.150	21	212	71	16	166	55	8	83	28
0.200	25	259	86	19	194	65	11	111	37
0.250	29	296	99	23	231	77	14	139	46
0.300	34	351	117	27	277	92	17	175	58
0.400	40	406	135	32	323	108	22	222	74
0.500	47	480	160	38	388	129	29	296	99



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC: 20600129003
 CAL: 0868-7106-98715107
 Email: iccsah@gmail.com
 Jr. Miraflores N° 215 - Huancayo

DESCRIPCION	56	25	10
DIAL (pulgadas)	0.0000	0.0000	0.0000
DIAL (pulgadas)	0.0910	0.1080	0.1210
diferencia en pulgadas	0.0910	0.1080	0.1210
diferencia en mm	2.3114	2.7432	3.0734
expansion	0.0182	0.0216	0.0242

VELOCIDAD DEL ENSAYO 1.27 mm/min.

[Firma]
 Ing. Darío Andrés Boza Tunqui
 CIP. 339595
 ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0011-072025
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI
 SOLICITANTE : CONSORCIO DEL CENTRO
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

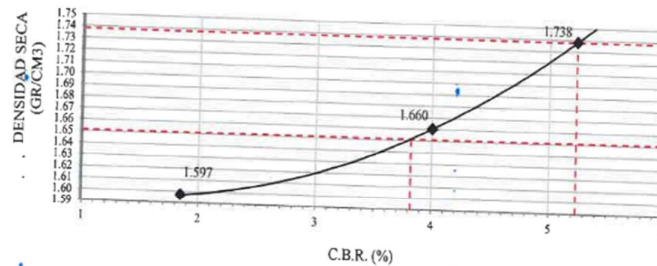
UBICACIÓN : CHUPACA
 : HUANCAYO
 : CONCEPCIÓN
 F. DE EMISION : JULIO 2025

SUB RASANTE : PROGRESIVA 06+188

ENSAYO DE CBR

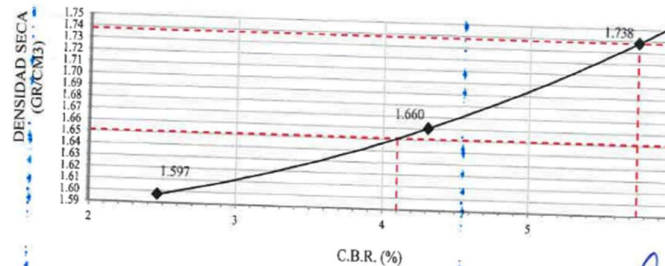
PENETRACION DE 0.1"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	5.2	1.738
25	4.0	1.660
10	1.8	1.597

%CBR 100%MDS		
0.1"	1.738	5.2
%CBR 95%MDS		
0.1"	1.651	3.8



PENETRACION 0.2"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	5.7	1.738
25	4.3	1.660
10	2.5	1.597

%CBR 100%MDS		
0.2"	1.738	5.7
%CBR 95%MDS		
0.2"	1.651	4.1



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600120003
 Cel: 986847100 / 987113307
 Email: iccshah@gmail.com
 Jr. Miraflores 416, Huancayo

[Signature]
 Ing. Civil Jov P. Mauricio Flores
 CIP. 339596
 ICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO Y HIDRAULICA



Paje, Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo
 Celular: 964046688 / 955505584
 Teléfono Fijo: 064-212021
 Correo: silvergeotec@gmail.com

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES VIALES

PROYECTO:

"MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA – SICAYA – VICSO – ACO – MITO – L=22+044 KM. PROVINCIAS DE CHUPACA, HUANCAYO, CONCEPCION – JUNIN"

ENSAYOS DE LABORATORIO

UBICACIÓN : TRAMO: KM. 7 + 150 AL 9 + 850
 DISTRITOS : CHUPACA – SICAYA – VICSO – ACO – MITU
 PROVINCIAS : CHUPACA – HUANCAYO – CONCEPCION
 DEPARTAMENTO : JUNIN

SOLICITANTE:

CONSORCIO DEL CENTRO RUC: 20494951020

Huancayo, 23 de julio del 2025


 SILVER GEOTEC S.A.C.
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
 Ing. Civil Merwin S. Silvestre
 LABORATORISTA


 SILVER GEOTEC S.A.C.
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
 Ing. Civil Johnny A. Pineda OLIVERA
 C.I.P. N° 24352
 ESPECIALISTA GEOTECNICO



AL: HIGHT PERFORMANCE CONTROL 10 - JUNIO 2010 - 2010 1000, 1000, 1000
 Pte. Hites N° 122-152 Chica, Huancayo
 Telf: 96406666 / 95505584
 Correo: silvergeotec@gmail.com

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
16-07-25	17-07-25	C-01	SG. N°190/2025

SOLICITANTE:

PROYECTO:

CONSORCIO DEL CENTRO

"MEJORAMIENTO DEL CIRCULO VIAL CHUPACA, SICAYA, VICSO ACO MITO, L. 22 + 044 KM. PROVINCIAS DE CHUPACA, HUANCAYO, CONCEPCIÓN JUNÍN"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS REALIZADOS:

UBICACIÓN : PROG. KM. 7+150 LADO DERECHO - SICAYA
 DISTRITO : SICAYA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por laboratorio Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 3.293.00 m.s.n.m.
 Método de Muestreo : Excavación con excavadora Napa freática : NP Coordenadas UTM : E 487115 N 8673382
 Identificación de muestra : PROGRESIVA 7+150

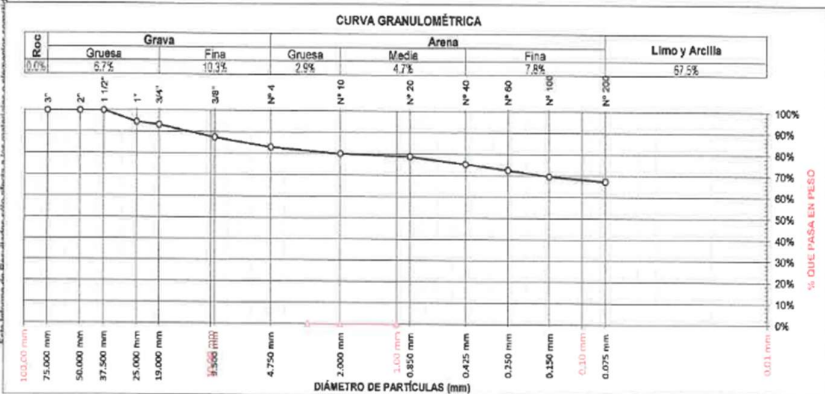
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	110.00 g	5.4%	94.6%
3/4"	19.00 mm	27.00 g	6.7%	93.3%
3/8"	9.50 mm	118.00 g	12.4%	87.6%
N° 4	4.75 mm	94.00 g	17.3%	83.0%
N° 10	2.00 mm	60.00 g	19.9%	80.1%
N° 20	0.85 mm	25.00 g	21.2%	78.8%
N° 40	0.43 mm	72.00 g	24.7%	75.3%
N° 60	0.25 mm	56.00 g	27.4%	72.6%
N° 100	0.15 mm	59.00 g	30.3%	69.7%
N° 200	0.08 mm	46.00 g	32.5%	67.5%
PASA		1384.00 g	100.0%	0.0%
		2051.00 g	100.0%	100%

Variables	Nro	Unidad	Muestra
Recipiente N°	---	---	N° 01
(A) Peso de Contenedor Vacio	M _c	(g)	372.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{húmedo}	(g)	2723.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{seco}	(g)	2339.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	1967.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _w	(g)	364.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	18.50%
Requisitos mínimos de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total			
Método A = Humedad Recomendada ± 1%		Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4	
		Masa mínima recomendada espécimen = 20 g	

SUCS (ASTM D2487-17) : CL	AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (7)
Arcilla gruesa de baja plasticidad con arena.	

Resultados de la Granulometría		
Grava	[N° 4 < φ < 3"]	17.02%
Arena	[N° 200 < φ < N° 4]	15.50%
Finos	[φ < N° 200]	67.48%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
Cu = D ₆₀ / D ₁₀		
Cc = (D ₃₀) ² / (D ₁₀ x D ₆₀)		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a las directrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6926.

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Marín R. Silvestre R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Laboratorio de Suelos, Geotecnia y Diseño
 Ing. Civil Marín R. Silvestre Raymundo
 LABORATORISTA

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Laboratorio de Suelos, Geotecnia y Diseño
 Ing. Civil Johnny R. Silvestre Raymundo
 C.A.P. N° 20192
 ESTECISTA ESPECIALISTA

RUC: 20601685524
 (Pág. 15)



J. PÉREZ Y ASOCIADOS S.A. - 2009 ATE, LIMA 180, LIMA
 Pape. N° 122-352 Chicla, Huancayo
 Telef. 944046688 / 955305584
 Correo: silvergeotec@gmail.com

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
16-07-25	17-07-25	C-01	SG. N°180/2025

SOLICITANTE:

CONSORCIO DEL CENTRO

PROYECTO:

"MEJORAMIENTO DEL CIRCULO VIAL CHUPACA SICAYA, VISO AGO MITO, L. 22 + 044 KM PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO, CONCEPCIÓN JUNÍN"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : PROG. KM. 7+150 LADO DERECHO - SICAYA
 DISTRITO : SICAYA
 PROVINCIA : HUANCAYO
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

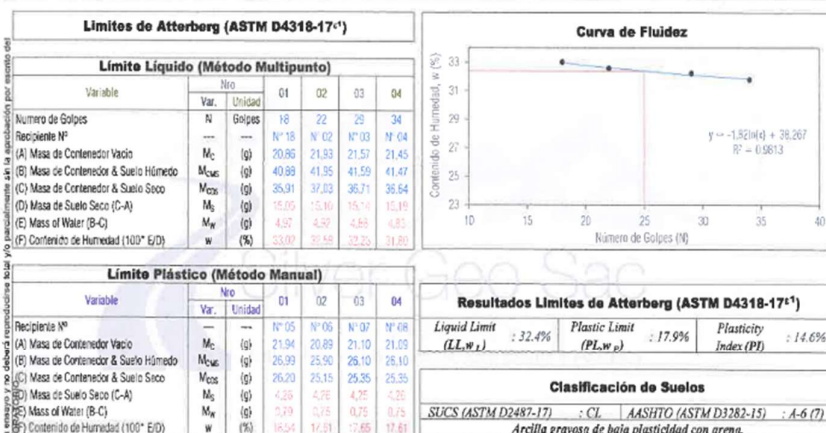
LÍMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17¹
 CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

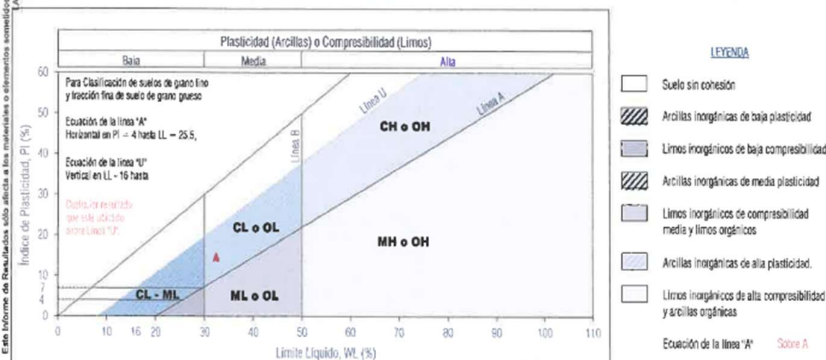
Modalidad : Muestreo por laboratorio
 Método de Muestreo : Excavación con excavadora
 Identificación de muestra : PROGRESIVA 7+150

Profundidad : 1.50 m.
 Napa freática : NP

Altitud (Cota) : 3,293.00 m.s.n.m.
 Coordenadas UTM : E.467115 N.8673382



Este Informe de Resultados solo aplica a los materiales o elementos sometidos a ensayos y no deberá ser utilizado para otros fines.



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 8th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Maylin R. Silvestre R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Ingeniería Civil
 Laboratorio de Suelos, Construcción y Pavimentos
 Bach. Ing. Civil Maylin R. Silvestre R. y Johnny R. O.
 LABORATORIO

SILVER GEOTEC S.A.C.
 Ingeniería Civil
 Laboratorio de Suelos, Construcción y Pavimentos
 Ing. Civil Johnny R. MAYLIN R. OLIVERA
 C.I.D. N° 264126
 ESPECIALISTA CEG/EDIFICIO

RUC: 20601685524
 [Pág. 16]

SILVER GEOTEC S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, GEOTECNIA Y TERRAPLENES

FECHA TOMA DE MUESTRAS: 16-07-25
FECHA INICIO ENSAYO: 17-07-25
COD. MUESTRA O ACTIVIDAD: C-01
NÚMERO DE INFORME: SG. N° 180/2025

SOLICITANTE: CONSORCIO DEL CENTRO

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CÍRCULO VIAL CHUPACA, SICAYA VICSO ACO MITO, L. 22 + 044 KM PROVINCIAS DE CHUPACA, HUANCAYO, CONCEPCIÓN JUNÍN

UBICACIÓN DEL PROYECTO:
UBICACIÓN: PROG. KM. 7+160 LADO DERECHO - SICAYA
DISTRITO: SICAYA
PROVINCIA: HUANCAYO
DEPARTAMENTO: JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:
PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
Modalidad: Muestreo por laboratorio
Profundidad: 1.50 m.
Altitud (Cota): 3.293.00 m.s.n.m.
Procedimiento Utilizado: Método A - Malla N° 4 retiene 25% o menos del peso del material.
Identificación muestra: PROGRESIVA 7+150
Símbolo Suelo: CL
Coordenadas UTM: E 467115 N 8673382

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nº	Var.	Unidad	Nº 01	Nº 02	Nº 03	Nº 04
Numero de Capas	N	Capas		5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes		25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{húe}	(g)		5831.00	6043.00	6061.00	6014.00
(B) Peso del Molde	M _{mol}	(g)		4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)		1686.00	1898.00	1916.00	1869.00
(D) Volumen del Molde	V	cm³		923.80	923.80	923.80	923.80
(E) Densidad Húmeda	(C/D)	gr/cm³		1.825	2.055	2.075	2.024

Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nº	Var.	Unidad	01	02	03	04
Recipiente N°	---	---		N° 32	N° 33	N° 34	N° 35
(A) Masa de Contenedor Vacio	M _c	(g)		31.34	35.14	30.71	31.87
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{húe}	(g)		217.35	195.66	189.79	201.83
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _s	(g)		191.73	170.61	163.29	170.58
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)		160.39	135.47	132.58	138.71
(E) Masa of Water (B-C)	M _w	(g)		25.62	20.19	56.50	63.25
(F) Contenido de Humedad (100° E/D)	w	(%)		15.97	14.86	42.59	45.51
(G) Densidad Seca		gr/cm³		1.200	1.710	1.750	1.580

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD

Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.741
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 18.97

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Marín R. Silvestre R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

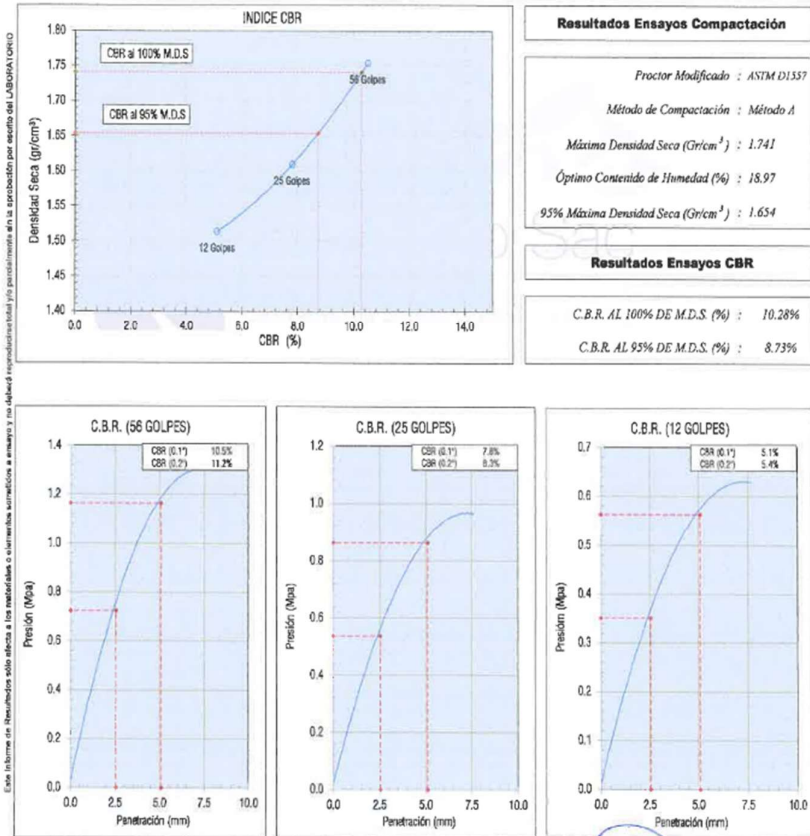
SILVER GEOTEC S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, GEOTECNIA Y TERRAPLENES
Bach. Ing. Civil Marín R. Silvestre Raymundo
LABORATORISTA

SILVER GEOTEC S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, GEOTECNIA Y TERRAPLENES
Ing. Civil Johnny R. Silvestre Raymundo
LABORATORISTA

RUC: 20601665524
[Pag. 17]

 SILVER GEOTEC S.A.C. LABORATORIO GEOTECNICO Laboratorio de Soles, Cimentos y Pavimentos		AV. FELPEZ HISTORICO LINDEROS N° 2000 INT. 204 U.T.S. 100, LIMA 1010 Paje. Nules N° 122-152 Chica, Huancayo Telf: 964086188 / 955525554 Correo: labgeotec@silvergeotec.com	
FECHA TOMA DE MUESTRAS : 16-07-25		FECHA INICIO ENSAYO : 17-07-25	
COD. MUESTRA O ACTIVIDAD : C-01		NUMERO DE INFORME : SG. N°180/2025	
SOLICITANTE: CONSORCIO DEL CENTRO		PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL CIRCULO VIAL CHUPACA SICAYA VISO AGO MTO. L. 22 + 044 KM PROVINCIAS DE CHUPACA HUANCAYO CONCEPCION JUNIN	
UBICACION DEL PROYECTO: UBICACION : PROG. KM. 7+150 LADO DERECHO - SICAYA DISTRITO : SICAYA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNIN		ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGUN NORMA ASTM D1883-16	
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Modalidad: Muestreo por laboratorio Profundidad: 1.50 m. Altitud (Cota) : 3,293.00 m.s.n.m. Procedimiento Utilizado: Método A - Malla N° 4 retiene 25% o menos del peso del material. Identificación muestra: PROGRESIVA 7+150 Simbolo Suelo: CL Coordenadas UTM : E.467115 N.8673382			

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. María R. Silvestre R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.


Bach. Ing. Civil María R. Silvestre R. Caymundo
LABORATORISTA


Ing. Civil Johnny R. O. ARMANDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352
ESPECIALISTA GEOTECNICO
RUC: 20601885524
(Pag. 18)

Apéndice N° 4 Ensayos de laboratorio – material de relleno



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO	: EMS0015-052025	UBICACIÓN	: CHUPACA
RESIDENTE	: ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO		: HUANCAYO
SUPERVISOR	: ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI		: CONCEPCIÓN
SOLICITANTE	: ING. CHRISTIAN ROBERTO ALVARES PAITAMPOCA	F. DE EMISIÓN	: MAYO 2025
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA - SICAYA - VICSO – ACO – MITO, L=22+044 KM – PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO, CONCEPCIÓN – JUNÍN", CUI N° 2094853.		

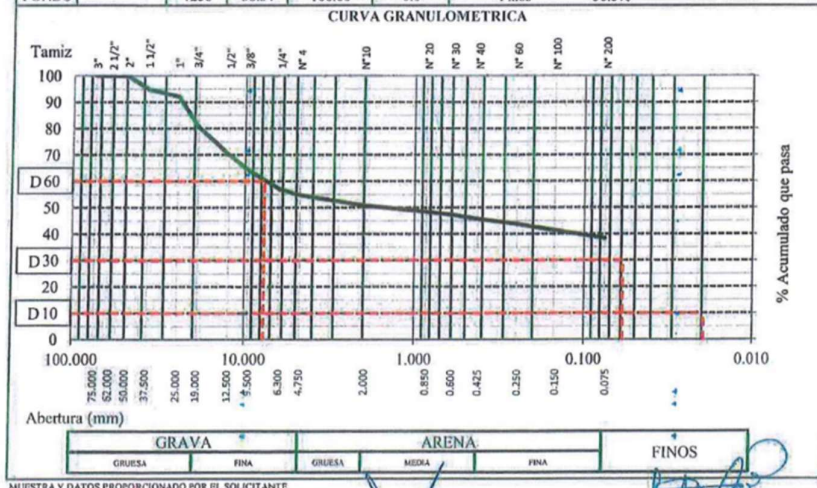
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO / NTP 339.128

CANTERA :		RUPAYCANCHA								
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Retenido (gr)	% Retenido	Acumulado						
				% Retenido	% Qué Pasa					
3"	75.000	0	0.00	0.00	100.0					
2 1/2"	62.000	0	0.00	0.00	100.0					
2"	50.000	0	0.00	0.00	100.0					
1 1/2"	37.500	171	5.22	5.22	94.8					
1"	25.000	89	2.72	7.94	92.1					
3/4"	19.000	378	11.54	19.47	80.5					
1/2"	12.500	347	10.59	30.07	69.9					
3/8"	9.500	191	5.83	35.90	64.1					
1/4"	6.300	231	7.05	42.95	57.1					
Nº4	4.750	79	2.41	45.36	54.6					
Nº10	2.000	126	3.85	49.21	50.8					
Nº20	0.850	78	2.38	51.59	48.4					
Nº30	0.600	39	1.19	52.78	47.2					
Nº40	0.425	52	1.59	54.37	45.6					
Nº60	0.250	63	1.92	56.29	43.7					
Nº100	0.150	78	2.38	58.67	41.3					
Nº200	0.075	98	2.99	61.66	38.3					
FONDO		1256	38.34	100.00	0.0					

COEFICIENTES DE FORMA		
Coefficiente de uniformidad	Cu	390.5
Coefficiente de curvatura	Cc	0.0
Díametro efectivo D 10		0.0
Díametro efectivo D 30		0.1
Díametro efectivo D 60		7.6

MATERIAL PASANTE MALLA Nº 200		
NTP 400.018 - ASTM C117		
Peso de muestra seca (gr)		3276
Peso de muestra seca lavada (gr)		2020
Material pasante Nº200		38.3%

CANTIDAD DE MATERIALES		
Grava	45.4%	
Arena	16.3%	
Grava gruesa		19.5%
Grava fina		25.9%
Arena gruesa		3.85%
Arena media		5.16%
Arena fina		7.30%
Finos	38.3%	



ELABORACION:
INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
RUC : 20600129903
Cel.: 986847100 / 987115307
Email: iccasuac@gmail.com
Ir Miraflores n° 415 - Huancayo

 CHRISTIAN R. ALVAREZ PATTAMPOM
INGENIERO CIVIL
CIP/107015

Ing. Civil Jol P. Mauricio Flores
CIP. 339598
ICCSAH
OFICINA DE ESPECIALIDAD EN DISEÑOS, ESTUDIOS, ANÁLISIS Y MONITOREO DE OBRAS



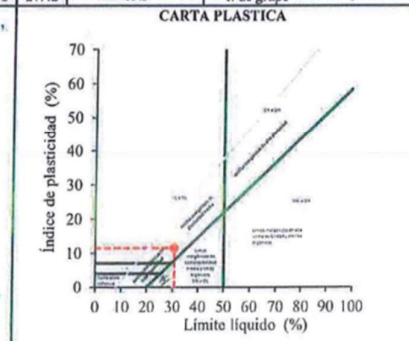
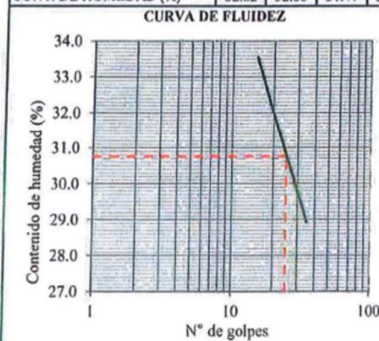
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0015-052025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : ING. CHRISTIAN ROBERTO ALVARES PAITAMPOMA F. DE EMISION : MAYO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE
 LOS SUELOS / NTP 339.129

CANTERA : RUPAYCANCHA

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO		LÍMITES DE ATTERBERG	
CÓDIGO DE TARA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	% Limite Liquido	30.8%
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	52.33	47.07	47.71	53.20	47.09	47.16	48.25	% Limite Plastico	19.3%
SUELO SECO + TARA (gr)	45.23	41.38	41.58	46.08	41.82	43.72	44.35	% Indice Plastico	11.5%
PESO TARA (gr)	23.60	23.90	22.10	23.19	22.60	25.80	24.20	ÍNDICES	
PESO DEL AGUA (gr)	7.10	5.69	6.13	7.12	5.27	3.44	3.90	I. de compresibilidad	0.19
SUELO SECO (gr)	21.63	17.48	19.48	22.98	19.22	17.92	20.15	I. de consistencia	1.86
N° GOLPES	15	19	25	30	35			I. de fluidez	-0.86
CONT. DE HUMEDAD (%)	32.82	32.55	31.47	30.98	27.42	19.3		I. de grupo	I



CARACTERÍSTICA DE LA COMBINACION

Índice de compresibilidad : Estrato con compresibilidad baja
 Índice de consistencia : Estado sólido
 Índice de fluidez o liquidez : Consistencia muy dura
 Colapsabilidad : No colapsable

CLASIFICACION DE SUELOS

Clasif. SUCS : GC
 Clasif. AASHTO : A - 6
 Clasif. ASTM D2321 : Clase III
 Descripción : GRAYA ARCILLOSA CON
 ARENA DE PLASTICIDAD

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600129903
 Cel: 986847109 987115307
 Email: hccsah@hccsah.com
 Jr. Viterbo 2015 - Huancayo



CHRISTIAN R. ALVAREZ PAITAMPOMA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 107016





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0015-052025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : ING. CHRISTIAN ROBERTO ALVARES PAITAMPOCA F. DE EMISION : MAYO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

CANTERA : RUPAYCANCHÁ

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UNA MUESTRA DE SUELO / NTP 339.127

MUESTRA	W1	W2	W3
CÓDIGO DE TARA	TCH1	TCH2	TCH3
SUELO HUMEDO + TARA (gr)	117.7	115.7	100.6
SUELO SECO + TARA (gr)	109.5	107.2	94.2
PESO TARA (gr)	20.7	20.8	24.1
PESO DEL AGUA (gr)	8.1	8.5	6.4
SUELO SECO (gr)	88.8	86.4	70.1
CONT. DE HUMEDAD (%)	9.1%	9.8%	9.2%

CONT. DE HUMEDAD 9.4%

METODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACION DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (2,700kN-m/m3 (56,000 pie-lbf/ft³)) / NTP 339.141

PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO + MOLDE (gr)	11014	11080	10934	10846
PESO DEL MOLDE (gr)	6391	6391	6391	6391
PESO DEL SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	4623	4689	4543	4455
PESO VOLUMETRICO HUMEDO (gr/cm3)	2.178	2.209	2.140	2.098

PESO DEL SUELO HUMEDO + TARA (gr)	78.26	84.66	101.85	119.97
PESO DEL SUELO SECO + TARA (gr)	71.92	77.24	91.14	105.31
PESO DE LA TARA (gr)	21.30	20.80	23.20	21.30
PESO DEL AGUA (gr)	6.34	7.42	10.71	14.66
PESO DEL SUELO SECO (gr)	50.62	56.44	67.94	84.01

CONTENIDO DE AGUA (%)	12.52	13.15	15.76	17.45
PESO VOLUMETRICO SECO (gr/cm3)	1.935	1.952	1.849	1.787



MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.953
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.25

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600129003
 Cel : 986887100 987115107
 Email : cecilia@iccsah.com
 Jr. Minifloresca 115 - Huancayo



CHRISTIAN R. ALVAREZ PAITAMPOMA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 107015





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

CÓDIGO : EMS-0015-052025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CQNCCEPCIÓN
 SOLICITANTE : ING. CHRISTIAN ROBERTO ALVARES PAITAMPOCA F. DE EMISIÓN : MAYO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

CANTERA : RUPAYCANCHA

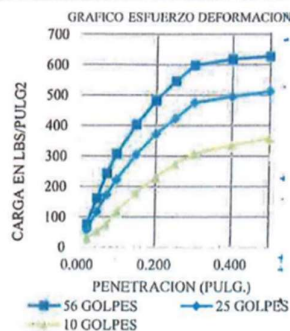
ENSAYO DE CBR

DATOS DEL ENSAYO DE PROCTOR

MDS	1.953	gr./cm ³	OCH	13.25	%
-----	-------	---------------------	-----	-------	---

Molde N°	A	B	C
Capas N°	5	5	5
N° de golpes por capa	56	25	10
MUESTRA	SATURADO	SATURADO	SATURADO
Peso del molde + suelo humedo	13781	13572	13414
Peso del molde	9146	9126	9133
Peso del suelo humedo	4635	4446	4281
Volumen del molde	2095	2095	2095
Densidad humeda	2.212	2.122	2.043
% de humedad	13.25	13.25	13.25
Densidad seca	1.953	1.874	1.804

PENETRACION (PULGADAS)	56			25			10		
	DIAL	LBS	LBS/PUL.2	DIAL	LBS	LBS/PUL.2	DIAL	LBS	LBS/PUL.2
0.025	22	225	75	16	164	55	8	82	27
0.050	47	481	160	34	348	116	15	154	51
0.075	71	727	242	50	512	171	21	215	72
0.100	90	921	307	65	665	222	34	348	116
0.150	118	1208	403	89	911	304	52	532	177
0.200	141	1443	481	109	1116	372	67	686	229
0.250	160	1637	546	124	1269	423	80	819	273
0.300	175	1791	597	139	1423	474	90	921	307
0.400	181	1852	617	145	1484	495	98	1003	334
0.500	184	1883	628	150	1535	512	105	1075	358



MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO E HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20600129903
 Cel: 986847100, 987115307
 Email: info@icqch.com, icqch@gmail.com
 Jr. "Militares" 411 - Huancayo



CHRISTIAN R. ALVARES PAITAMPOCA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 107016



DESCRIPCION	56	25	10
DIAL (pulgadas)	0.0000	0.0000	0.0000
DIAL (pulgadas)	0.0720	0.0980	0.1140
diferencia en pulgadas	0.0720	0.0980	0.1140
diferencia en mm	1.8288	2.4892	2.8956
expansion	0.0144	0.0196	0.0228

VELOCIDAD DEL ENSAYO 1.27 mm/min.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

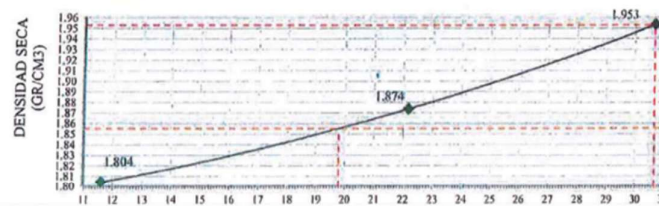
CÓDIGO : EMS-0015-052025 UBICACIÓN : CHUPACA
 RESIDENTE : ING. CARLOS FREDDY ESPINOZA SANTIAGO : HUANCAYO
 SUPERVISOR : ING. DARÍO ANDRÉS BOZA TUNQUI : CONCEPCIÓN
 SOLICITANTE : ING. CHRISTIAN ROBERTO ALVARES PAITAMPOCA F. DE EMISION : MAYO 2025
 PROYECTO : "MEJORAMIENTO DEL CIRCUITO VIAL CHUPACA -
 SICAYA - VICSO - ACO - MITO, L=22+044 KM -
 PROVINCIA DE CHUPACA, HUANCAYO,
 CONCEPCIÓN - JUNIN", CUI N° 2094853.

CANTERA : RUPAYCANCHA

ENSAYO DE CBR

PENETRACION DE 0.1"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	30.7	1.953
25	22.2	1.874
10	11.6	1.804

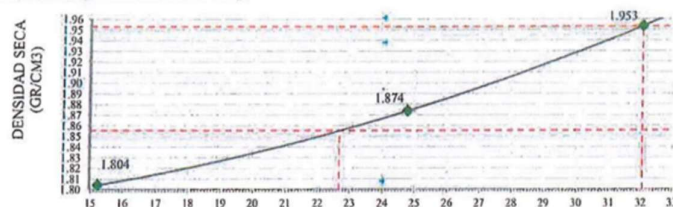
%CBR 100%MDS		
0.1"	1.953	30.7
%CBR 95%MDS		
0.1"	1.855	19.8



C.B.R. (%)

PENETRACION 0.2"		
Nº GOLPES	% CBR	D.S.
56	32.1	1.953
25	24.8	1.874
10	15.2	1.804

%CBR 100%MDS		
0.2"	1.953	32.1
%CBR 95%MDS		
0.2"	1.855	22.7



C.B.R. (%)

MUESTRA Y DATOS PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

ELABORACION:
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO
 SUELOS ASFALTO Y HIDRAULICA S.A.C.
 RUC : 20609129903
 C# : 986847100 987115307
 Email: info@miccsah.com
 Tr. Mitadefensa 115 - Huancayo



ING. R. ALVARES PAITAMPOCA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 107016

Ing. Civil Job P. Mauricio Flores
 CIP. 338598
MICCSAH
 INGENIERIA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS, ASFALTO Y HIDRAULICA

**Apéndice N°5 Ensayos de laboratorio – Certificados de control de calidad
(compactación y deflectometría de tramos mejorados)**

INMOBILIARIA Y CONSTRUCCION YESZAR S.A.C.

RUC: 20600827465

TELF: 996661313

ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO - METODO CONO DE ARENA
NTP 339.143 : 2019

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

OBRA		Tesis: " APLICACIÓN DE CRITERIOS GEOTECNICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUBRASANTES INADECUADAS MEDIANTE SUSTITUCIONES PARCIALES, JUNIN 2025"												SOLICITADO POR		BACH. JOSE S. HUAMAN ROMERO	
TRAMO		Km 6+000 - 12+285												TECNICO		S.S.Q	
MATERIAL		SUB RASANTE												FECHA DE ENSAYO		15/02/2026	
CANTERA		Material de relleno clasificado															
COMPACTADO EN ZONAS DE CORTE		6+930	6+900	7+400	7+456	8+260	8+600	8+900	9+500	9+700	9+720	10+360	10+700	10+900	11+100	12+300	12+700
CARRIL		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CAPA		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
LADO DE LA PRUEBA		Int	Der	Int	Der	Int	Der	Int	Der	Int	Der	Int	Der	Int	Der	Int	Der
PROFUNDIDAD DEL HOYO DE PRUEBA (cm)		14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
REGISTRO N°																	
01	PESO DEL FRASCO + ARENA	g	6555	6489	6402	6358	6310	6185	6087	6380	6302	6218	6102	6021	6428	6358	6299
02	PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA	g	1402	1322	1294	1202	1350	1087	1002	1285	1204	1124	1085	1006	1328	1278	1202
03	PESO DE LA ARENA EMPLEADA (01-02)	g	5153	5167	5108	5156	4960	5098	5085	5095	5098	5094	5017	5015	5100	5080	5097
04	PESO DE LA ARENA EN CONO Y PLACA	g	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630	1630
05	PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACION (3-4)	g	3523	3537	3476	3526	3330	3468	3455	3465	3468	3464	3387	3385	3470	3450	3467
06	DENSIDAD DE LA ARENA	g/cm³	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442	1.442
07	VOLUMEN DEL HOYO (56)	cm³	2443	2453	2412	2445	2309	2405	2396	2403	2405	2402	2349	2347	2406	2393	2404
08	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA	g	5544	5332	5322	5395	5128	5247	5226	5364	5399	5484	5447	5478	5577	5347	5387
09	PESO DEL RECIPIENTE	g	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	PESO DEL SUELO + GRAVA (8-9)	g	5544	5332	5322	5395	5128	5247	5226	5364	5399	5484	5447	5478	5577	5347	5387
11	PESO RETENIDO EN LA MALLA 3/4"	g	901	234	235	111	111	147	102	788	855	1002	1687	1987	1229	624	655
12	PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA	g/cm³	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682
13	VOLUMEN DE LA GRAVA (11+12)	cm³	336	87	88	41	41	55	38	294	319	374	629	741	458	233	244
14	PESO DE LOS FINOS (10+11)	g	4643	5098	5087	5284	5017	5100	5124	4576	4544	4482	3760	3491	4348	4723	4707
15	VOLUMEN DE FINOS (7-13)	cm³	2107	2366	2324	2404	2268	2350	2358	2109	2086	2029	1720	1607	1948	2160	2158
16	DENSIDAD HUMEDA (14+15)	g/cm³	2.20	2.16	2.19	2.20	2.21	2.17	2.17	2.17	2.18	2.21	2.19	2.17	2.23	2.19	2.18
CONTENIDO DE HUMEDAD MTC E - 128, E-125		9509															
17	PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO	g															
18	PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO	g															
19	PESO DEL AGUA	g															
20	PESO DEL TARRO	g															
21	PESO DE LA MUESTRA SECA NETA (18-20)	g															
22	CONTENIDO DE HUMEDAD % (19/21) * 100	%	17.0	17.5	17.0	16.0	17.5	16.5	17.0	16.5	17.0	17.5	17.5	17.0	17.0	17.5	16.0
CONTROL DE COMPACTACION																	
23	DENSIDAD HUMEDA (16)	g/cm³	2.20	2.16	2.19	2.20	2.21	2.17	2.17	2.17	2.18	2.21	2.19	2.17	2.23	2.19	2.18
24	CONTENIDO DE HUMEDAD (22)	%	17.00	17.50	17.00	16.00	17.50	16.50	17.00	16.50	17.00	17.50	17.50	17.00	17.00	17.50	16.00
25	DENSIDAD SECA (23+24) * 100	g/cm³	1.88	1.83	1.87	1.89	1.88	1.86	1.86	1.86	1.86	1.88	1.86	1.86	1.91	1.87	1.88
26	MAXIMA DENSIDAD SECA (PROCTOR)	g/cm³	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953
27	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (LAB)	%	16.90	16.90	16.90	16.90	16.90	16.90	16.90	16.90	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	17.45	16.60
28	GRADO DE COMPACTACION (25/26) * 100	%	96.4	93.9	95.8	97.0	96.4	95.4	95.1	95.4	95.3	96.3	95.3	95.1	97.7	95.7	96.3
OBSERVACIONES :																	


Anthony V. Sanchez Cca
 LABORATORIO


ING. ANGEL MORIBASALDUA
 ING. CIVIL
 CIR. N° 148935



INMOBILIARIA Y CONSTRUCCION YESZAR S.A.C.

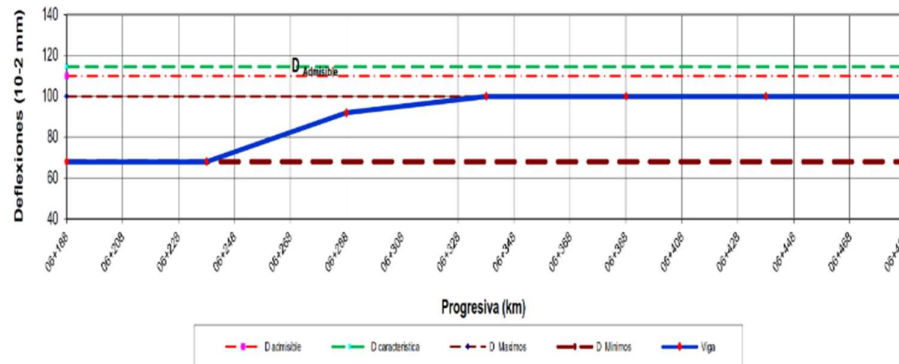
RUC: 20600827465

TELF: 996661313

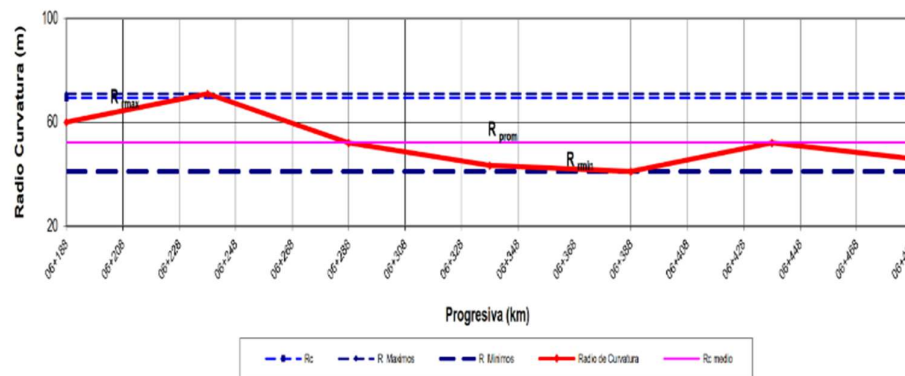
ANALISIS DEFLECTOMETRICO DE LA SUB RASANTE

TRAMO : km: 006+188 km: 006+488 Lado: DERECHO

Deflectograma - Carril Derecho



Radio de Curvatura (m) - Carril Derecho



Calculos

Deflexiones ($\times 10^{-6}$ mm) Radio Curvatura (m)

$D_m = 89.71$ $\sigma = 15.12$ $R_c = 69.45$

$D_c = D_m + 1.645 \times \sigma = 114.58$

$R_{promedio} = 52.25$



Anthony Sanchez Crama
LABORATORIO



INMOBILIARIA Y CONSTRUCCION YESZAR S.A.C.

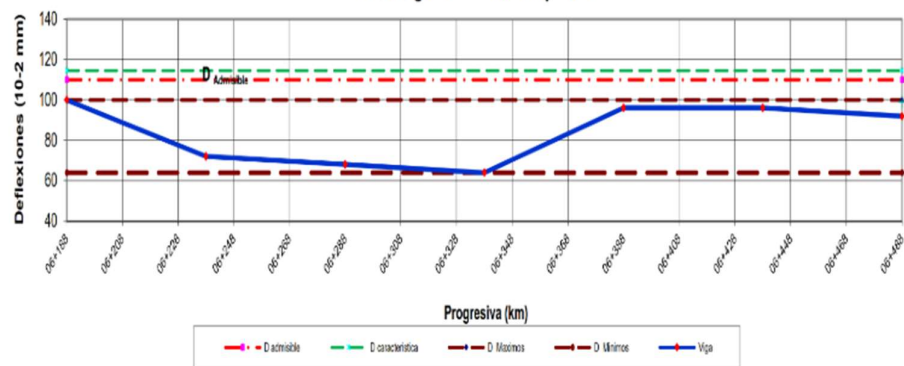
RUC: 20600827465

TELF: 996661313

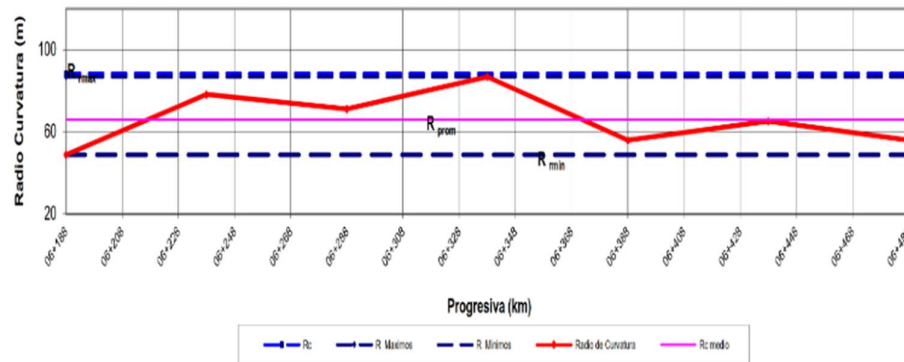
ANALISIS DEFLECTOMETRICO DE LA SUB RASANTE

TRAMO : km: 006+188 km: 006+488 Lado: IZQUIERDO

Deflectograma - Carril Izquierdo



Radio de Curvatura (m) - Carril Izquierdo



Calculos

Deflexiones ($\times 10^{-6}$ mm) Radio Curvatura (m)

$D_m = 84.00$ $\sigma = 15.32$ $R_c = 88.29$

$D_c = D_m + 1.645 \times \sigma = 109.20$

$R_{promedio} = 65.93$



INMOBILIARIA Y CONSTRUCCION YESZAR

S.A.C.

RUC: 20600827465

TELF: 996661313

EVALUACION DEFLECTOMETRICA (VIGA BENKELMAN)
MTC E - 1002

OBRA	Tesis: APLICACION DE CRITERIOS GEOTECNICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUBRASANTES INADECUADAS MEDIANTE SUSTITUCIONES PARCIALES, JUNIN 2025	ING. RESP.	1 M.B
TRAMO	KM: 7+000-9+000	TECNICO	A.S.C.
ESTRUCTURA	SUB RASANTE	FECHA	18/02/2026
PROGRESIVA	km: 007+825 al km: 008+625	CARRIL	DERECHO
VIGA	2 BRAZOS	RELACION DE BRAZO	1 / 4
MUESTREO	Subrasante		

[illegible]

Estadístico	Promedio	73.9	93.7
	Desvest	12.7	33.9
	CV	17.2	36.2
	Deflexion Característica	94.8	149.6
	Max	96.0	195.3
	Min	56.0	48.8

Observaciones

 *Anthony Sanchez Ccama*
LABORATORIO


 JUAN ANGEL MORI BASALDUA
 ING. CIVIL
 CIP. N° 148935



INMOBILIARIA Y CONSTRUCCION YESZAR S.A.C.

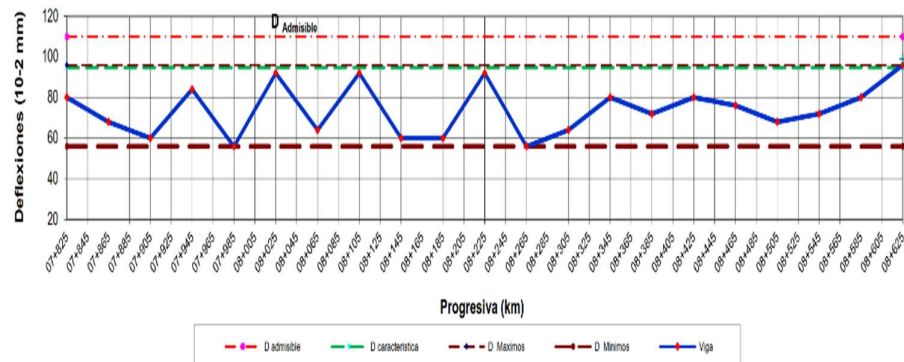
RUC: 20600827465

TELF: 996661313

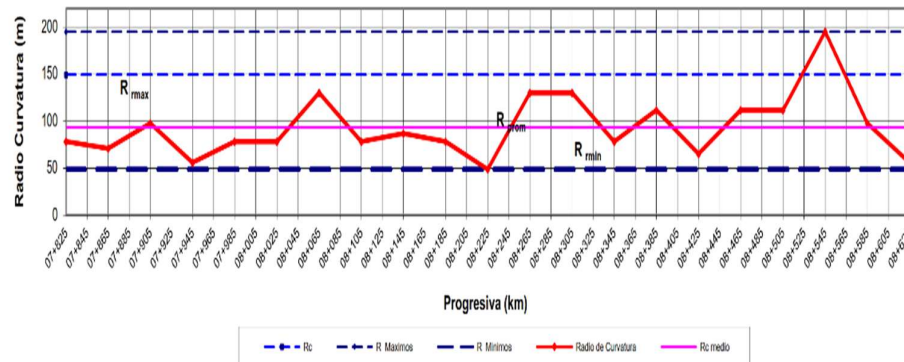
ANALISIS DEFLECTOMETRICO DE LA SUB RASANTE

TRAMO: km: 007+825 km: 008+625 Lado: DERECHO

Deflectograma - Carril Derecho



Radio de Curvatura (m) - Carril Derecho



Calculos

Deflexiones (x10⁻⁶ mm) Radio Curvatura (m)

$D_m = 73.90$ $\sigma = 12.69$ $R_c = 149.55$

$D_c = D_m + 1.645 \times \sigma = 94.78$

$R_{promedio} = 93.72$


Anthony Sanchez Ccama
LABORATORIO


INGENIERO ANGEL MORIBALDUA
ING. CIVIL
CIP N° 148935

INMOBILIARIA Y CONSTRUCCION YESZAR

S.A.C.

RUC: 20600827465

TELF: 996661313

EVALUACION DEFLECTOMETRICA (VIGA BENKELMAN)

MTC E - 1002

OBRA	Tramo: APLICACIÓN DE CRITERIOS GEOTECNICOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUBRASANTES INADECUADAS MEDIANTE SUSTITUCIONES PARCIALES. JUNÍN 2025		
TRAMO	KM: 7+000-9+000	ING. RESP.	LM.B
ESTRUCTURA	SUB RASANTE	TECNICO	A.S.C.
PROGRESIVA	km: 007+825 al km: 008+625	FECHA	18/02/2026
VIGA	2 BRAZOS	CARRIL	izquierdo
MUESTREO	Subrasante	RELACION DE BRAZO	1 / 4

[illegible]

Estadística	Promedio	85.0	63.2
	Desvest	11.1	13.4
	CV	13.1	21.2
	Deflexion Característica	103.2	85.3
	Max	100.0	97.7
	Min	68.0	46.0

Observaciones


Anthony J. Sanchez Ccama
LABORATORIO

 **DIAN ANGEL MORI BASALDUA**
ING. CIVIL
CIP. N° 148935



INMOBILIARIA Y CONSTRUCCION YESZAR S.A.C.

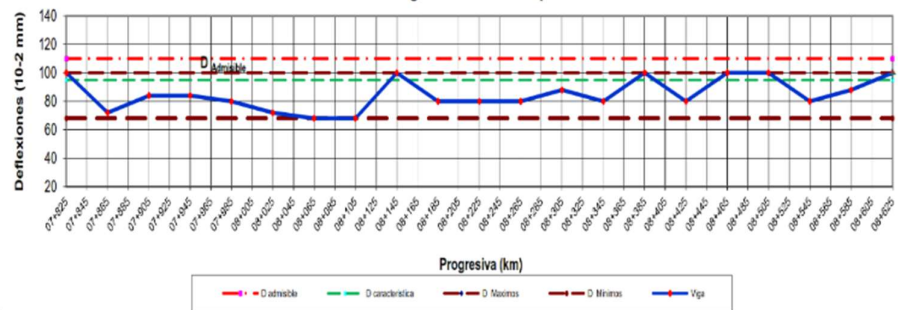
RUC: 20600827465

TELF: 996661313

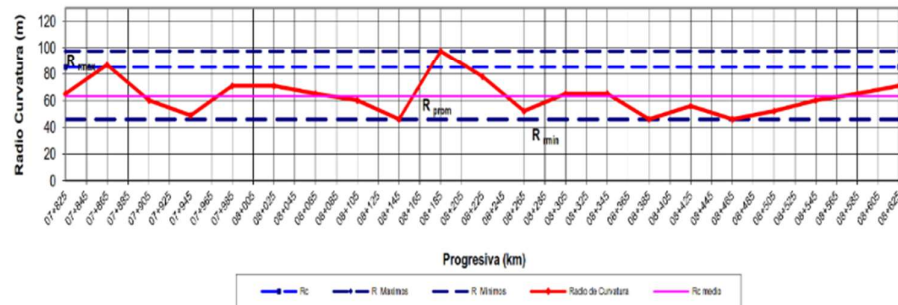
ANALISIS DEFLECTOMETRICO DE LA SUB RASANTE

TRAMO : km: 007+825 km: 008+625 Lado: izquierdo

Deflectograma - Carril Izquierdo



Radio de Curvatura (m) - Carril Izquierdo



Calculos

Deflexiones ($\times 10^{-6}$ mm) Radio Curvatura (m)

$D_m = 84.95$ $\sigma = 11.09$ $R_c = 85.31$

$D_c = D_m + 1.645 \times \sigma = 103.20$

$R_{promedio} = 63.24$


Anthony Sanchez Ccama
 LABORATORIO


JUAN ANGEL MORUA SALDUA
 ING. CIVIL
 CIP N° 148935

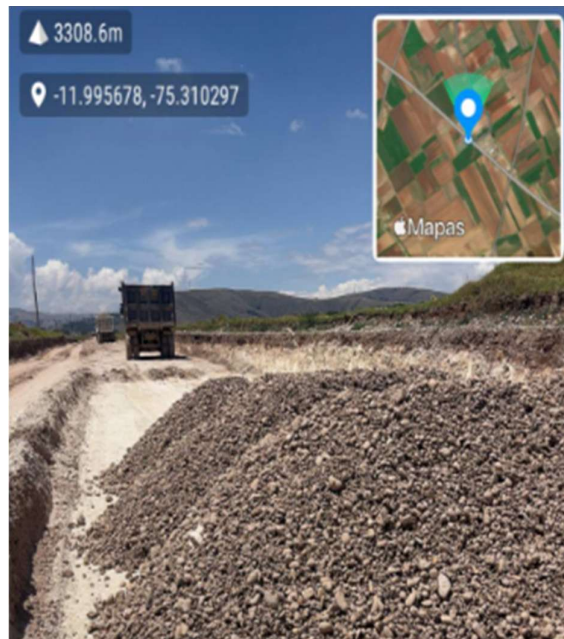
Apéndice N° 6 Registros fotográficos

Fotografía N° 1

Corte de terreno a 50cm para mejoramiento

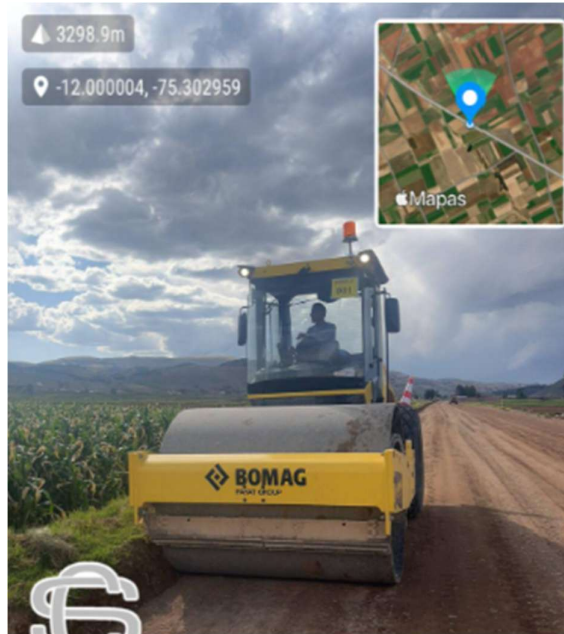
**Fotografía N° 2**

Tendido de material de relleno Rupaycancha



Fotografía N° 3

Compactado de subrasante mejorada

**Fotografía N° 4**

Prueba de densidades del terreno mejorado

