

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“INFLUENCIA DEL ADITIVO PROES PARA EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE LA
SUBRASANTE DEL TRAMO BAMBAMARCA – LA PACCHA, CAJAMARCA 2024”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. NEYVER NILSON VÁSQUEZ LLAMO

ASESOR:

Mg. Ing. BENJAMÍN TORRES TAFUR

CAJAMARCA – PERÚ

2026

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

FACULTAD DE INGENIERÍA

1. Investigador: NEYVER NILSON VÁSQUEZ LLAMO
DNI: 76006262
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL
2. Asesor: M en I. Ing. JOSÉ BENJAMÍN TORRES TAFUR
Facultad: INGENIERÍA
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"INFLUENCIA DEL ADITIVO PROES PARA EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE LA SUBRASANTE DEL TRAMO BAMBAMARCA – LA PACCHA, CAJAMARCA 2024
6. Fecha de evaluación: 10 de febrero del 2026
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 14 %
9. Código Documento: :3117:555228480
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 12 de febrero del 2026.

 FIRMA DEL ASESOR <i>Nombres y Apellidos José Benjamín Torres Tafur</i> DNI: 26678955	 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI
---	---

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0088-2026

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, da a conocer que, a los **veintiséis días del mes de febrero de 2026**, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Vocal : Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis **INFLUENCIA DEL ADITIVO PROES PARA EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE LA SUBRANSANTE DEL TRAMO BAMBAMARCA - LA PACCHA, CAJAMARCA 2024**, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **NEYVER NILSON VÁSQUEZ LLAMO**, de las Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Filial Jaén, asesorado por el M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur, para la obtención del Título Profesional.

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante, debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA :¹⁵..... PTS.

EVALUACIÓN PÚBLICA :¹¹..... PTS.

EVALUACIÓN FINAL :¹⁶..... PTS

.....^{DIECISEIS}..... (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de 16 (DIECISEIS) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 10:20 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Presidente

Dr. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas.
Vocal

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario

M. en I. Ing. José Benjamín Torres Tafur.
Asesor

COPYRIGHT © 2026 by
NEYVER NILSON VÁSQUEZ LLAMO
Todos los derechos reservados

AGRADECIMIENTO

Esta tesis no hubiera sido posible sin el apoyo de mis padres agradezco infinitamente por haber sido mi vivaz motivación en todo momento para alcanzar mis sueños.

Un especial agradecimiento a Dios por su cuidado y por guiarme durante toda mi trayectoria académica y profesional; y porque aún lo sigue haciendo.

A mis amigos, compañeros y colegas por el acompañamiento y competencia académica profesional.

Agradezco también a mi asesor, el Mg. Ing. Benjamín Torres Tafur por su apoyo académico en la formulación y análisis de mi investigación.

DEDICATORIA

“La motivación es el empuje del éxito; el éxito es la plenitud de la vida; la vida no sería vida si no hubiera una familia”

Con amor infinito y gratitud que trasciende las palabras, dedico esta tesis:

A mis amados padres, Pedro e Isolina, por ser el cimiento de mis valores y el refugio de mis dudas. Su amor incondicional fue la luz que guio mis pasos en los momentos de incertidumbre, y su sabiduría, el faro que me enseñó que ningún esfuerzo es en vano. Esta victoria es tan vuestra como mía.

A mi adorada hija, Alanna, mi mayor inspiración y mi razón para superarme cada día. Que estas páginas sean testimonio de que, cuando el amor nos impulsa, los desafíos se convierten en alas. Prometo seguir construyendo un mundo digno de tu sonrisa.

A ti Chely, mi compañera de vida, quien estuvo a mi lado en cada momento difícil, en cada desvelo y en cada duda. Tu apoyo incondicional fue uno de los pilares mas importantes para llegar hasta aquí. Gracias por creer en mi incluso cuando yo dudaba. Este logro también es tuyo.

A mis hermanos, Brando, Roseli y Mary, mis aliados de vida y cómplices de sueños. Gracias por sus consejos llenos de verdad, por su paciencia en mis caídas y por celebrar conmigo cada triunfo, por pequeño que fuera. Ustedes son el espejo en el que me miro para ser mejor.

Y a todos aquellos que, de alguna forma, sembraron en mí una palabra de aliento, una lección o un gesto de apoyo: esta tesis también es un tributo a ustedes.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	6
1.1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.4. HIPÓTESIS	7
1.4.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	7
1.4.1.1. Variable independiente	7
1.4.1.2. Variable dependiente	7
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.6. ALCANCES O DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.7. LIMITACIONES	8
1.8. OBJETIVOS	8
1.8.1. Objetivo General	8
1.8.2. Objetivos específicos	8
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes Teóricos.....	9
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes Locales	9
2.2. Bases Teóricas.....	10
2.2.1. Suelo	10

2.2.2.	Subrasante.....	21
2.2.3.	Estabilización de suelos.....	23
2.2.4.	Definición de términos básicos	25
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....		26
3.1.	Ubicación geográfica	26
3.2.	Metodología	28
3.2.1.	Tipo.....	28
3.2.2.	Nivel o alcance	29
3.2.3.	Enfoque	29
3.2.4.	Medición.....	29
3.2.5.	Diseño	29
3.3.	Población, muestra y unidad de análisis	29
3.3.1.	Población.....	29
3.3.2.	Muestra	29
3.3.3.	Unidad de análisis.....	30
3.3.4.	Unidad de observación.....	30
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.5.	Materiales.....	31
3.6.	Equipos.....	31
3.7.	Procedimiento	32
3.7.1.	Reconocimiento e inspección de la vía.....	32
3.7.2.	Ubicación de las calicatas y extracción de las muestras.....	32
3.7.3.	Ensayos de muestras en estado natural.....	33
3.7.4.	Dosificación del aditivo	36
3.7.5.	Ensayo de Proctor Modificado con Aditivo PROES	37
3.7.6.	Ensayo California Bearing Ratio con aditivo PROES	37
3.8.	Análisis e interpretación de datos	38
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		39
4.1.	Resultados de los ensayos para las propiedades físicas.....	39

4.1.1.	Contenido de humedad	39
4.1.2.	Análisis granulométrico	39
4.1.3.	Límite de Atterberg.....	39
4.1.4.	Clasificación SUCS y AASHTO	40
4.2.	Resultados de los ensayos para propiedades mecánicas	40
4.2.1.	Proctor modificado.....	40
4.2.2.	Resultados del ensayo Proctor Modificado con aplicación de aditivo PROES	41
4.2.3.	Ensayo California Bearing Ratio (CBR)	41
4.3.	Resultados del ensayo CBR con aplicación de aditivo PROES	42
4.4.	Contrastación de hipótesis.....	46
4.5.	Discusión de resultados	47
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		49
5.1.	Conclusiones	49
5.2.	Recomendaciones	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		51
ANEXOS.....		54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Masas mínimas requeridas según la norma E 107 del MTC	11
Tabla 2. Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas según la norma E 107 del MTC	11
Tabla 3. Clasificación de suelos según el índice de plasticidad	13
Tabla 4. Clasificación de suelos según el índice de grupo	14
Tabla 5. Tipología de suelos según SUCS	16
Tabla 6. Sistema de clasificación AASHTO	18
Tabla 7. Métodos de Compactación Proctor modificado	20
Tabla 8. Categoría para subrasantes	21
Tabla 9. Delimitación de la investigación	26
Tabla 10. Distribución de probetas de ensayo CBR de suelo natural + dosificación de Aditivo Proes	30
Tabla 11. Dosificación de la calicata 01	37
Tabla 12. Dosificación de la calicata 02	37
Tabla 13. Resultados de ensayo para contenido de humedad	39
Tabla 14. Resultados de ensayo para análisis granulométrico	39
Tabla 15. Resultados de límite líquido, plástico e índice de plasticidad	40
Tabla 16. Clasificación SUCS Y AASHTO	40
Tabla 17. Resultados del ensayo de Proctor Modificado	40
Tabla 18. Resultados del ensayo de Proctor Modificado + Adición de Aditivo Proes	41
Tabla 19. Resultados de ensayos CBR en suelo natural	41
Tabla 20. Resultados de ensayo CBR con dosificación de 0.25 l/m ³	42
Tabla 21. Resultados de ensayo CBR con dosificación de 0.30 l/m ³	43
Tabla 22. Resultados de ensayo CBR con dosificación de 0.35 l/m ³	44
Tabla 23. CBR de calicata C-01 con las tres dosificaciones	44
Tabla 24. CBR de calicata C-02 con las tres dosificaciones	45
Tabla 25. Comparación de resultados del CBR de suelo natural con CBR con aditivo PROES	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del tramo	27
Figura 2. Visualización del tramo de estudio	28
Figura 3. CBR del suelo natural	42
Figura 4. CBR con dosificación de 0.25 l/m ³	43
Figura 5. CBR con dosificación de 0.30 l/m ³	43
Figura 6. CBR con dosificación de 0.35 l/m ³	44
Figura 7. CBR con las tres dosificaciones de la calicata C-01	45
Figura 8. CBR con las tres dosificaciones de la calicata C-02	45
Figura 9. Incremento de capacidad de soporte de la subrasante con aplicación de aditivo PROES	46

RESUMEN

La subrasante del tramo Bambamarca – La Paccha presenta bajos valores de CBR, lo que compromete su capacidad de soporte y durabilidad. Ante ello, surge la necesidad de evaluar si el aditivo PROES puede mejorar las propiedades mecánicas para garantizar un mejor desempeño vial. Para lo cual se planteó como objetivo determinar la influencia de este aditivo en el incremento del CBR de la subrasante en el tramo de estudio. Con este fin, se realizaron ensayos de laboratorio en muestras de dos calicatas para determinar las propiedades físico-mecánicas del suelo en estado natural, incluyendo contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR, siguiendo metodologías estandarizadas ASTM. Con base en los resultados iniciales y las especificaciones técnicas del fabricante, se aplicó el aditivo PROES en dosificaciones de 0.25, 0.30 y 0.35 L/m³ de suelo. Los resultados mostraron que los suelos de las calicatas C-01 y C-02 se clasificaron según el método SUCS como CL y ML, y por el método AASHTO como A-7-6(15) y A-4(8) respectivamente, con valores de CBR natural de 1.2% y 2.3%. Después de la estabilización con PROES, se observaron incrementos significativos en la capacidad de soporte: con la dosificación de 0.35 L/m³ en el suelo de tipo CL, el CBR aumentó a 5.4%, y en el suelo de tipo ML, el CBR aumentó a 6.8%. Se concluye que el aditivo PROES mejora la capacidad de soporte CBR de suelos finos, siendo la dosificación de 0.30 L/m³ la que presenta el mejor desempeño al obtener incrementos sustanciales con menor uso de estabilizante.

Palabras clave: Aditivo PROES, CBR, subrasante, Estabilizacion de Suelos, Propiedades Fisico-Mecánicas.

ABSTRACT

The subgrade of the Bambamarca – La Paccha section exhibits low CBR values, which compromises its bearing capacity and durability. Given this situation, the need arises to evaluate whether the PROES additive can improve the mechanical properties to ensure better road performance. For this purpose, the objective was to determine the influence of this additive on the increase of the subgrade CBR in the study section. To this end, laboratory tests were conducted on samples from two test pits to determine the physical-mechanical properties of the soil in its natural state, including moisture content, grain size distribution, Atterberg limits, Modified Proctor, and CBR, following standardized ASTM methodologies. Based on the initial results and the manufacturer's technical specifications, the PROES additive was applied at dosages of 0.25, 0.30, and 0.35 L/m³ of soil. The results showed that the soils from test pits C-01 and C-02 were classified according to the USCS method as CL and ML, and by the AASHTO method as A-7-6(15) and A-4(8) respectively, with natural CBR values of 1.2% and 2.3%. After stabilization with PROES, significant increases in bearing capacity were observed: with a dosage of 0.35 L/m³ in CL-type soil, the CBR increased to 5.4%, and in ML-type soil, the CBR increased to 6.8%. It is concluded that the PROES additive improves the CBR bearing capacity of fine-grained soils, with the 0.30 L/m³ dosage presenting the best performance by achieving substantial increases with less stabilizer use.

Keywords: PROES Additive, CBR (California Bearing Ratio), Subgrade, Soil Stabilization, Physico-Mechanical Properties.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de infraestructuras viales es fundamental para el crecimiento económico y social de una región, ya que facilita la conectividad, el comercio y el acceso a servicios esenciales. En este contexto, la calidad de las carreteras depende en gran medida de la resistencia y durabilidad de los materiales que conforman las capas estructurales, siendo la subrasante uno de los elementos críticos. La capacidad de soporte de la subrasante, comúnmente medida a través del California Bearing Ratio (CBR), es un factor determinante en la estabilidad y desempeño de una vía a lo largo del tiempo (Baltodano Contreras, 2018).

En el tramo carretero Bambamarca – La Paccha, ubicado en la región de Cajamarca, se han identificado problemas relacionados con la resistencia y estabilidad de la subrasante, lo cual podría comprometer la durabilidad y seguridad de la vía. En este sentido, la utilización de aditivos que mejoren las propiedades mecánicas del suelo se presenta como una alternativa viable para optimizar el rendimiento de la infraestructura vial (Bañón & Beviá García, 2000).

El aditivo PROES, reconocido por sus propiedades estabilizadoras en suelos, ha mostrado mejoras del CBR de la subrasante, incrementando así su capacidad de soporte. Sin embargo, es necesario realizar un estudio exhaustivo que permita determinar su efectividad en condiciones específicas del tramo de estudio (Reátegui Puscan, 2018).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la región Cajamarca, el deterioro acelerado de la infraestructura vial representa un problema crítico que frecuentemente se origina en la inestabilidad de las subrasantes. Esta condición puede ser causada por factores como las intensas lluvias, las cargas vehiculares continuas, una compactación inadecuada o problemas de drenaje. Una carretera en mal estado no solo compromete la seguridad de los usuarios, sino que también genera mayores costos de mantenimiento y reduce la eficiencia del transporte.

En el tramo Bambamarca – La Paccha, provincia de Hualgayoc, se observa un avanzado estado de deterioro caracterizado por deformaciones superficiales pronunciadas, formación extensiva de baches y erosión generalizada de la plataforma vial. Estas patologías evidencian problemas en la capacidad de soporte de la subrasante, generando condiciones de transitabilidad adversas para el flujo vehicular que utiliza esta vía de manera habitual, afectando la seguridad de los usuarios.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿En cuánto influye el Aditivo PROES en el mejoramiento del CBR de la subrasante del tramo Bambamarca – La Paccha, Cajamarca 2024?

1.4. HIPÓTESIS

El CBR de la subrasante del tramo Bambamarca – La Paccha con la adición de Aditivo Proes incrementa su valor en un 10%.

1.4.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES

1.4.1.1. Variable independiente

Aditivo Proes.

1.4.1.2. Variable dependiente

California Bearing Ratio (CBR).

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se fundamenta en determinar la efectividad técnica del aditivo PROES como alternativa de estabilización de subrasantes en el tramo Bambamarca-La Paccha, con el propósito de generar conocimiento aplicable al diseño y construcción de infraestructura vial en la región Cajamarca. Los hallazgos de este estudio servirán como base para futuras investigaciones sobre estabilización de suelos en condiciones similares, además de constituir una referencia técnica valiosa para ingenieros civiles y proyectistas, facilitando la toma de decisiones fundamentadas en futuros proyectos y contribuyendo al desarrollo de carreteras más seguras y duraderas.

1.6. ALCANCES O DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- ✓ Se utilizó aditivo Proes en tres dosificaciones: 0,25; 0,30 y 0,35 L/m³.
- ✓ Se trabajó con suelos de la subrasante del tramo comprendido entre la progresiva KM 12+580 (Centro Poblado Santa Rosa, distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc) y la progresiva KM 15+300 (Centro Poblado El Naranjo, distrito de Chalamarca, provincia de Chota).

1.7. LIMITACIONES

En la investigación no se tuvieron limitaciones.

1.8. OBJETIVOS

1.8.1. Objetivo General

Determinar la influencia del Aditivo PROES para el mejoramiento del CBR de la subrasante del tramo Bambamarca – La Paccha, Cajamarca 2024.

1.8.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante.
- ✓ Determinar el CBR con la aplicación del aditivo PROES.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Teóricos

2.1.1. Antecedentes Nacionales

Piscoya & Reátegui, (2021) en su investigación *“Propuesta de innovación y su influencia en la mejora de la subrasante de la carretera Yurimaguas - Munichis, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto”*. Evaluaron el efecto del aditivo líquido PROES sobre suelos de subrasante con deficiente capacidad de soporte. Realizaron ensayos de caracterización física y CBR siguiendo normativas ASTM. Los resultados mostraron que el suelo natural presentó un CBR de 3% (subrasante inadecuada), mientras que tras la aplicación del aditivo PROES, el CBR se incrementó a 13% (subrasante buena).

2.1.2. Antecedentes Locales

Yaun, (2023) en su investigación *“Influencia del aditivo proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, provincia de Bagua, distrito de Imaza”*. Evaluó el comportamiento del CBR mediante la aplicación de cuatro dosificaciones diferentes de aditivo PROES: 0.22, 0.26, 0.30 y 0.34 L/m³. Los resultados mostraron un CBR natural de 3.5%, el cual se incrementó significativamente con la adición del aditivo: 6.8% con 0.22 L/m³, 8.5% con 0.26 L/m³, 9.2% con 0.30 L/m³ y 9.8% con 0.34 L/m³. Se concluyó que las dosificaciones de 0.26 L/m³ y 0.30 L/m³ presentaron la mayor eficiencia en la mejora de la capacidad de soporte de la subrasante.

Vásquez, (2024) en su investigación *“Influencia del aditivo PROES para el mejoramiento de la subrasante del tramo El Tumi – Chunchunquillo, Jaén”*. Evaluó el comportamiento del CBR en suelos finos mediante la aplicación de tres dosificaciones diferentes de aditivo PROES: 0.25, 0.30 y 0.35 L/m³. Los resultados mostraron un CBR natural de 5.1%, el cual se incrementó con la adición del aditivo: 5.3% con 0.25 L/m³, 8.2% con 0.30 L/m³ y 6.8% con 0.35 L/m³. Se determinó que la

dosificación de 0.30 L/m³ presentó la mayor eficiencia en la mejora de la capacidad de soporte de la subrasante, recomendando su uso en suelos similares.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Suelo

Es un (C, 2024)material natural formado por partículas minerales y materia orgánica, que conforman una estructura con espacios ocupados por aire y agua. Su origen se debe a procesos naturales de descomposición de rocas y materiales orgánicos a través del tiempo. En el ámbito de la ingeniería civil, su análisis permite determinar su capacidad para funcionar como base de apoyo en proyectos de infraestructura vial y estructural (Juares Badillo & Rico Rodriguez, 2005).

2.2.1.1. Propiedades del suelo

2.2.1.1.1. Propiedades físicas del suelo

- **Contenido de humedad:** El contenido de humedad (w) es la relación del peso del agua al peso de los sólidos en un volumen dado de suelo, expresado en porcentaje (Das, 2019).

La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$W = \left(\frac{M_{cms} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \right) * 100 = \left(\frac{M_w}{M_s} \right) * 100$$

Donde:

W: Contenido de humedad.

Mcms: Masa del contenedor más suelo húmedo, en gramos.

Mcs: Masa del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos.

Mc: Masa del contenedor.

Mw: Masa de agua.

Ms: Masa de las partículas sólidas.

- **Granulometría:** Permite distinguir diferentes tamaños de partículas que pueden ser gravas, arenas, limos y arcillas de una determinada cantidad de suelo. El ensayo granulométrico también

permite aproximarse, de acuerdo con los resultados obtenidos, a la capacidad de soporte y la permeabilidad del suelo (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005).

Tabla 1. Masas mínimas requeridas según la norma E 107 del MTC

Peso mínimo retenido en malla N°4 (4.75 mm)		
Diámetro nominal de las partículas más grandes		Peso mínimo aproximado
mm	pulg	gramos (g)
9.5	3/8"	500
19.6	3/4"	1,000
25.7	1"	2,000
37.5	1½"	3,000
50	2"	4,000
75	3"	5,000
Peso mínimo pasante malla N°4 (4.75 mm)		
Suelos arenosos		115
Suelos arcillosos/limosos		65

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Tabla 2. Clasificación de suelos según el tamaño de las partículas según la norma E 107 del MTC

Tipo de Material	Tamaño de partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm
Arena	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
	Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
	Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo: 0.075 mm – 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

De acuerdo con la norma de ensayos de materiales del MTC E107, para que se pueda determinar los porcentajes que pasan por el tamiz se aplican las siguientes fórmulas:

Valores de análisis de tamizado para la proporción retenida en el tamiz 4.75 mm número 04:

$$\% \text{ pasa 4.75 (N° 04)} = \left(\frac{\text{Masa que pasa la malla N°04}}{\text{Masa total}} \right) * 100$$

$$\text{Porción retenida (N° 04)} = \text{Masa total} - \text{Masa pasante por el tamiz N°04}$$

Valores de análisis por tamizado para la porción que pasa por el tamiz 4.75 mm número 04:

$$\% \text{ pasa (N° 200)} = \left(\frac{\text{Masa total} - \text{Masa retenida en el tamiz 0,074}}{\text{Peso Total}} \right) * 100$$

$$\% \text{ retenido (N° 200)} = \left(\frac{\text{Masa retenida en el tamiz 0,074}}{\text{Masa Total}} \right) * 100$$

Se hace el cálculo para el porcentaje más fino, para ello se resta de manera acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ retenido acumulado}$$

- **Plasticidad del suelo:** Propiedad que presentan algunos suelos de modificar su consistencia en función de la humedad y de la naturaleza de los componentes arcillosos, se cuantifica mediante los límites de consistencia o límites de Atterberg (Juares Badillo & Rico Rodriguez, 2005).

Límite de Aterberg: Establece la sensibilidad del suelo en relación con el contenido de humedad. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC, Según ensayo MTC E 112) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Límite líquido: Contenido de humedad que marca el umbral entre los estados de consistencia semilíquido y plástico del suelo. Cuando el material alcanza un contenido de agua inferior a este límite, su comportamiento mecánico tiende hacia la plasticidad. Este parámetro es fundamental para entender cómo el suelo responde a cambios en su contenido de humedad y su capacidad para ser moldeado sin fracturarse (ASTM D4318-17, 2018)

Límite plástico: Contenido de humedad que establece el punto de demarcación entre los estados de consistencia plástico y semisolido del suelo. Cuando el material presenta un contenido de agua menor a este límite, pierde su comportamiento plástico y adquiere características de un material frágil y no moldeable. Este parámetro es crítico para evaluar la transición del comportamiento mecánico del suelo ante la pérdida de humedad (ASTM D4318-17, 2018).

Índice de plasticidad: Es el contenido de humedad en el cual el suelo se comporta de manera plástica, lo cual es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Tabla 3. *Clasificación de suelos según el índice de plasticidad*

Índice de Plasticidad (IP)	Plasticidad	Características del suelo
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP \leq 7$	Baja	Suelos poco arcillosos o limosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos sin contenido arcilloso

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Índice de grupo: Este es un índice normado por AASHTO para clasificar los suelos, teniendo como dato esencial los resultados obtenidos en los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico).

Se calcula en función de:

El porcentaje que pasa el tamiz N° 200 (P200),

El Límite Líquido (LL), y

El Índice de Plasticidad ($IP = LL - LP$).

Tabla 4. *Clasificación de suelos según el índice de grupo*

Índice de Grupo (IG)	Calidad del suelo de subrasante
$IG > 9$	Inadecuado
$4 \leq IG \leq 9$	Insuficiente
$2 \leq IG < 4$	Regular
$1 \leq IG < 2$	Bueno
$0 \leq IG < 1$	Muy bueno

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Sistema de clasificación de suelos

El sistema de clasificación es la agrupación que se da a los suelos de características semejantes. Por consiguiente, para la evaluación y su respectiva clasificación se compara las propiedades de cada suelo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

a) El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Unified Soil Classification System, USCS):

La clasificación USCS utiliza una combinación de letras y números para representar las características de los suelos. Las letras se utilizan para indicar la fracción granulométrica predominante, mientras que los números se utilizan para describir las propiedades de plasticidad. Según ASTM D2487-17 (American Society for Testing and Materials, 2017); (Das, 2015).

Letras (componentes granulométricos):

G (Grava): con diámetro mayor a 4.75 mm.

S (Arena): con diámetro entre 4.75 mm y 0.075 mm.

M (Limo): con diámetro entre 0.075 mm y 0.002 mm.

C (Arcilla): con diámetro menor a 0.002 mm.

Letras adicionales (modificadores):

W (Bien Graduado): Indica una amplia gama de tamaños de partículas.

P (Pobrementemente Graduado): Indica una gama más estrecha de tamaños de partículas.

Números (índices de plasticidad):

Índice de Plasticidad (IP): Diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP).

$IP < 7$: Suelo de baja plasticidad.

$7 < IP < 17$: Suelo de plasticidad intermedia.

$IP > 17$: Suelo de alta plasticidad.

Clasificación en el USCS:

SW: Arena bien graduada.

CL: Arcilla de baja plasticidad.

SM: Arena limosa.

GC: Grava con arcilla.

Tabla 5. Tipología de suelos según SUCS

Símbolo	Características generales		
GW		Limpias (Finos	Bien graduadas
GP	Gravas (> 50% en tamiz #4 ASTM)	< 5%)	Pobrementemente graduadas
GM		Con finos	Componente limoso
GC		(Finos > 12%)	Componente arcilloso
SW		Limpias (Finos	Bien graduadas
SP	Arenas (< 50% en tamiz #4 ASTM)	< 5%)	Pobrementemente graduadas
SM		Con finos	Componente limoso
SC		(Finos > 12%)	Componente arcilloso
ML	Limos		Magra (LL<50)
MH			Grasa (LL>50)
CL	Arcillas		Magra (LL<50)
CH			Grasa (LL>50)
OL	Suelos Orgánicos		Magra (LL<50)
OH			Grasa (LL>50)
Pt	Turba	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: (Bañón & Beviá García, 2000).

b) El Método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials):

Se refiere a las normativas y procedimientos establecidos por la asociación para el diseño y la construcción de carreteras y transporte en los Estados Unidos. La AASHTO es una organización que reúne a las autoridades estatales de transporte y establece estándares para la planificación, diseño y construcción de infraestructuras de transporte, (Díaz Moori, 2021).

Dentro del contexto del Método AASHTO, se emplean varios métodos y especificaciones para la evaluación de materiales, diseño de pavimentos, y otros aspectos relacionados con la ingeniería de carreteras. A continuación, se describen algunos de los aspectos más relevantes del Método AASHTO, (American Society for Testing and Materials, 2017).

Letras para tamaños de partículas:

G (Grava): con diámetro mayor a 4.75 mm.

S (Arena): con diámetro entre 4.75 mm y 0.075 mm.

M (Limo): con diámetro entre 0.075 mm y 0.002 mm.

C (Arcilla): con diámetro menor a 0.002 mm.

Letras adicionales para describir características:

W (Bien Graduado): Indica una amplia gama de tamaños de partículas.

GW → Grava bien graduada

- Gravas con amplia gama de tamaños, bien distribuidas.

SW → Arena bien graduada

- Arenas con buena distribución de tamaños.

P (Pobrementemente Graduado): Indica una gama más estrecha de tamaños de partículas.

Para límites de consistencia:

Límite Líquido (LL): Indica la humedad en la cual el suelo pasa de un estado plástico a uno líquido.

Límite Plástico (LP): Indica la humedad en la cual el suelo deja de comportarse plásticamente.

Clasificación AASHTO:

A-1: Suelo con contenido bajo de finos, sin plasticidad (como grava bien graduada).

A-2-4: Suelo arcilloso de alta plasticidad (arcilla), mal graduado.

A-3: Suelo limoso o arenoso de baja plasticidad, bien graduado.

A-7-5: Suelo arcilloso de baja plasticidad (arcilla), bien graduado.

Tabla 6. Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz N°200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz N° 200)				
Clasificación de grupo	A - 1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis												
granulométrico	Máx.50											
%que pasa por el	Máx.30	Máx.50	Máx.51									
tamiz de: 2mm(N°10)		Máx.25	Máx.10	Máx.35	Máx.35	Máx.35	Máx.35	Mín.36	Mín.36	Mín.36	Mín.36	Mín.36
0.425mm(N°40)	Máx.15											
F:0.075mm(N°200)												
Características de la												
fracción que pasa el												
tamiz 0.425 mm				Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41	Máx.40	Mín.41	Mín.41
(N°.40):	Máx.6	Máx.6	NP	Máx.10	Máx.10	Mín.11	Mín.11	Máx.10	Máx.10	Mín.11	Mín.11(a)	Mín.11(b)
LL: Límite líquido LP:												
Límite plástico												
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas	Arenas finas		Gravas y arenas	Limosas y arcillosas			Suelos limosos			Suelos arcillosos	
Terreno de fundación				Excelente a bueno							Regular a malo	

Fuente: (AASHTO, 2013).

2.2.1.1.2. Propiedades mecánicas del suelo

a) Compactacion de Suelos

El mejoramiento de las propiedades ingenieriles de un suelo se logra mediante la compactación, un proceso mecánico que reduce los poros entre sus partículas. Como consecuencia, el material gana resistencia y pierde capacidad de deformación. La eficiencia de este método depende críticamente de alcanzar una humedad óptima, ya que un contenido bajo de agua impide la lubricación necesaria, mientras que uno excesivo empuja las partículas separándolas entre sí (Bañón & Beviá García, 2000).

Los ensayos que se realizan son los siguientes:

Proctor modificado:

Este ensayo utiliza una energía modificada según el método seleccionado (A, B o C). Permite determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en moldes de 101.6 mm (4 pulg) para los métodos A y B, y de 152.4 mm (6 pulg) para el método C, con un pisón de 44.48 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg). Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19.0 mm (3/4 pulg) (ASTM D1557-12, 2021).

Tabla 7. Métodos de Compactación Proctor modificado

Tipo de ensayo	PROCTOR MODIFICADO		
Método	A	B	C
Condiciones para la elección del método	Ret.Acum.Nº4 $\leq$ 20%	Ret.Acum.3/8" $\leq$ 20%	Ret.Acum.3/4" $\leq$ 30%
		Ret.Acum.Nº4 $>$ 20%	Ret.Acum.3/8" $>$ 20%
Tipo de material utilizado	Pasante malla Nº4	Pasante malla 3/8"	Pasante malla 3/4"
Nº de capas (n)	5	5	5
Nº de golpes (N)	25	25	56
Diámetro de molde (cm)	10.16 $\pm$ 0.04	10.16 $\pm$ 0.04	15.24 $\pm$ 0.07
Altura del molde (cm)	11.64 $\pm$ 0.05	11.64 $\pm$ 0.05	11.64 $\pm$ 0.05
Volumen del molde V (cm³)	944 $\pm$ 0.14	944 $\pm$ 0.14	2124 $\pm$ 0.25
Peso del martillo W (Kg)	4.54 $\pm$ 0.01	4.54 $\pm$ 0.01	4.54 $\pm$ 0.01
Altura caída del martillo h (cm)	45.72 $\pm$ 0.16	45.72 $\pm$ 0.16	45.72 $\pm$ 0.16
Diámetro del martillo (cm)	5.08 $\pm$ 0.025	5.08 $\pm$ 0.025	5.08 $\pm$ 0.025
Energía de compactación (Kg·cm/cm³)	27.485	27.485	27.363

Fuente: (ASTM D1557-12, 2021).

b) California Bearing Ratio (CBR)

Es un índice que determina la resistencia al corte de un suelo, utilizado para evaluar la capacidad Soporte de la subrasante y las capas estructurales de un pavimento (subbase, base y afirmado); así mismo con los resultados obtenidos a partir de este ensayo, permitirá verificar si la capacidad de soporte de la subrasante es confiable para soportar las cargas generadas por el tránsito, sin generar daños posteriores a la estructura del pavimento (Bañón & Beviá García, 2000).

Tabla 8. *Categoría para subrasantes*

Categoría de Sub rasante	CBR
S0 : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante Insuficiente	De CBR > 3% A CBR < 6%
S2 : Sub rasante Regular	De CBR > 6% A CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR > 10% A CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR > 20% A CBR < 30%
S5 : Sub rasante Excelente	CBR > 30%

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

2.2.2. Subrasante

Es la capa de suelo natural ubicada debajo de la subbase y la base de una estructura de carretera, pavimento u otra infraestructura civil. Esta capa constituye el terreno de soporte sobre el cual se construyen las capas superiores de la estructura vial. La calidad y capacidad de carga de la subrasante son factores críticos para garantizar la estabilidad y durabilidad de la infraestructura, ya que debe ser capaz de soportar las cargas aplicadas por el tráfico vehicular y resistir los efectos de las condiciones climáticas y otros factores ambientales. En la ingeniería de carreteras y construcción de pavimentos, se llevan a cabo estudios y pruebas geotécnicas para evaluar las propiedades de la subrasante y determinar si es necesario realizar mejoras o tratamientos para garantizar su idoneidad como base sólida para la estructura vial, (Marsac, Boussuge , & Hornych, 2012).

2.2.2.1. Características de la subrasante

La subrasante es una capa fundamental en la construcción de carreteras y pavimentos, y sus características son críticas para la estabilidad y durabilidad de la infraestructura, (Díaz Moori, 2021).

- **Capacidad de carga:** Es la máxima carga que puede soportar el suelo de la subrasante sin que se produzca una falla o deformación excesiva. Esta propiedad es esencial para determinar la estructura y espesor del pavimento, siendo directamente dependiente de las características geotécnicas del material, su composición granular y el nivel de compactación logrado en obra (Das & Sobhan, 2014).
- **Compresibilidad:** Es la capacidad que presenta la subrasante de experimentar deformaciones volumétricas bajo las cargas de tráfico y pavimento. La magnitud de compresibilidad depende de su estructura, esfuerzos, humedad y permeabilidad. Subrasantes con alta compresibilidad requieren mejoramiento o estabilización para reducir asentos potenciales, mientras que aquellas con baja compresibilidad presentan mejor comportamiento estructural (Das & Sobhan, 2014)
- **Uniformidad:** Es la propiedad que describe la homogeneidad de las características geotécnicas del suelo a lo largo del alineamiento vial. Una subrasante uniforme presenta variación mínima en propiedades como CBR, granulometría, límites de Atterberg y densidad seca, evitando asentos diferenciales y concentración de esfuerzos locales que comprometen el desempeño estructural del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)
- **Estabilidad:** Es la capacidad de la subrasante para mantener resistencia y rigidez bajo cargas repetidas del tráfico y fluctuaciones de humedad. Una subrasante estable previene deformaciones excesivas, ahuellamiento y pérdida progresiva de capacidad de soporte, garantizando adecuada distribución de cargas y durabilidad del pavimento a lo largo de su vida útil (Tamassoki, Wang, Norsyahariati, & Jawed, 2025)

- **Compactación:** Es el proceso mecánico destinado a reducir el volumen de vacíos y mejorar las propiedades del suelo, aumentando su densidad seca y capacidad de soporte. Una subrasante adecuadamente compactada al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) mejora el comportamiento mecánico, reduce asentamientos y asegura uniformidad y estabilidad para soportar las cargas del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

2.2.3. Estabilización de suelos

2.2.3.1. Definición

La estabilización de suelos se refiere al conjunto de técnicas y procesos diseñados para mejorar las propiedades geotécnicas y mecánicas de un suelo, con el objetivo de hacerlo más adecuado para aplicaciones de ingeniería, como la construcción de carreteras, cimentaciones, presas u otras infraestructuras. Este proceso busca modificar las características naturales del suelo para aumentar su capacidad de carga, resistencia al agua, resistencia al desgaste y otras propiedades esenciales, (Piscoya Vargas & Reátegui Vela, 2021).

Adición de materiales aglomerantes:

Se incorporan materiales como cemento, cal, ceniza volante u otros estabilizantes químicos al suelo para mejorar su resistencia y cohesión.

Compactación mecánica:

Se utiliza maquinaria pesada para compactar el suelo, aumentando así su densidad y resistencia.

Mejora con agregados:

Se añaden agregados como grava o piedra triturada para mejorar la capacidad de carga y resistencia del suelo.

Estabilización química:

Se aplican productos químicos especiales para modificar las propiedades del suelo y mejorar su estabilidad.

2.2.3.2. Aditivo PROES

El aditivo PROES es un producto diseñado para la estabilización de suelos, especialmente los arcillosos, utilizando aceites sulfanados y otras tecnologías para aumentar su resistencia y durabilidad. Al mezclarlo con suelos naturales, se transforman en materiales de alto rendimiento, aptos para la construcción de vías y caminos con mayor capacidad estructural y vida útil (PROESTECH, 2025).

El proceso PROES® de estabilización química de suelos (patentado) trata el suelo natural transformándolo en una base impermeable, resistente ($\text{CBR} > 100\%$) y flexible.

Consideraciones de uso:

- ✓ Se deben asegurar condiciones de homogeneidad y composición adecuada en el suelo a tratar de acuerdo con estudios y especificaciones con PROES.
- ✓ Al suelo a estabilizar se debe agregar un aditivo sólido, el cual consiste en cemento u otro filler gestionable localmente si en el ensayo se considera.
- ✓ El aditivo líquido PROES se agrega al suelo en dosis de 0,25 a 0,35 lt/m³ de suelo estabilizado. La aplicación se realiza utilizando dosificación, donde se diluye el aditivo PROES en agua previo a su aplicación.

Procedimiento de mezclado:

Según (PROESTECH, 2025):

- Para cada proporción de aditivo Proes que se estudie, se debe seguir el siguiente procedimiento para preparación de mezcla:
- Se agrega con relación al porcentaje de peso de la muestra de suelo a la que se va a añadir.
- Se homogeniza la mezcla de suelo; si esta supera la humedad óptima, entonces se pondrá en el horno a secarse.

- Con la ayuda de una jeringa graduada se incorporará el aditivo Proes
- Una vez homogenizada la mezcla resultante (Suelo y aditivo), se deja reposar por 30 minutos antes de iniciar con los ensayos a utilizar.

2.2.4. Definición de términos básicos

Suelo: material compuesto de partículas minerales, materia orgánica, aire y agua, que forma la base sobre la que se construyen las infraestructuras civiles.

Aditivo PROES: es un producto químico estabilizador de suelos empleado en proyectos de infraestructura vial, para mejorar las propiedades físico-mecánicas de la subrasante y otros materiales granulares.

CBR (California Bearing Ratio): es un índice empírico adimensional, expresado como un porcentaje (%), que cuantifica la capacidad de soporte relativa de un suelo compactado.

Subrasante: es la capa de terreno natural o de relleno compactado que se encuentra en la parte inferior de la estructura de un pavimento, sobre la cual se apoyan directamente las capas superiores (subbase, base y carpeta de rodadura).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en la zona norte de la región de Cajamarca, precisamente en la provincia de Hualgayoc – Bambamarca, Región Cajamarca

Ruta: CA-107

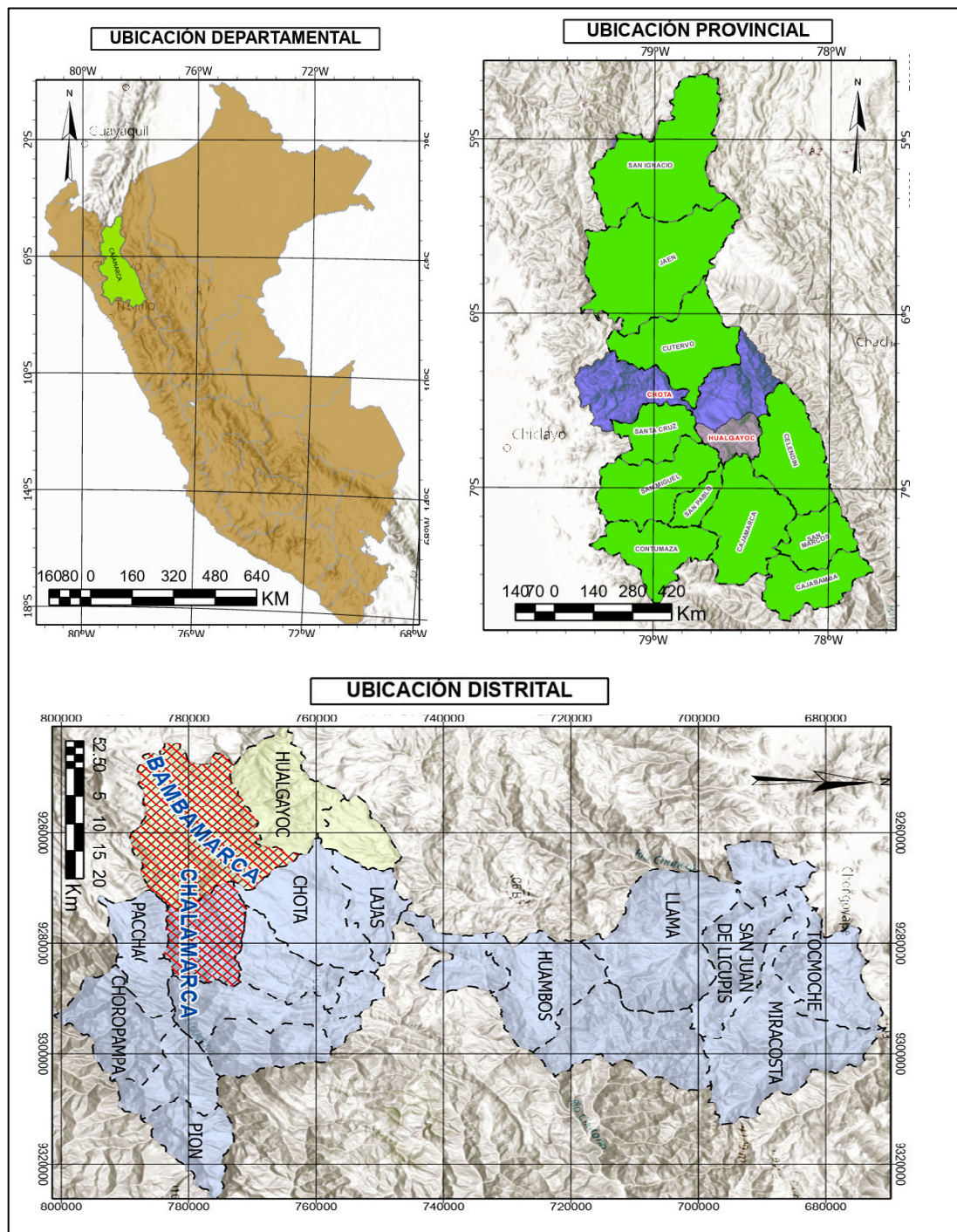
Tipo de pavimento: Afirmado.

Ancho de calzada: 5.50 metros.

Tabla 9. *Delimitación de la investigación*

COORDENADAS INICIO			COORDENADAS FIN		
Centro Poblado Santa Rosa – Bambamarca – Hualgayoc (KM 12+580)			Centro Poblado El Naranjo – Chalamarca – Chota (KM 15+300)		
Este	Norte	Altitud (msnm)	Este	Norte	Altitud (msnm)
781270	9269989	2059	782056	9271580	1889

Figura 1. Localización del tramo



Fuente: Cartografía base ((IGN), 2024)

Figura 2. Visualización del tramo de estudio



Fuente: Imagen satelital: (Google LLC, 2024)

3.2. Metodología

3.2.1. Tipo

La presente investigación es de tipo aplicada, porque busca dar solución a un problema concreto de la realidad: la baja capacidad portante de la subrasante en el tramo Bambamarca – La Paccha, que afecta la durabilidad y el desempeño del pavimento. Este tipo de investigación se caracteriza por utilizar conocimientos científicos y técnicos ya existentes para generar mejoras prácticas e inmediatas en un contexto específico.

3.2.2. Nivel o alcance

El estudio se desarrolla en un nivel correlacional, porque busca establecer y cuantificar la relación entre la aplicación del aditivo PROES en diferentes dosificaciones y la mejora del CBR de la subrasante del tramo Bambamarca – La Paccha, determinando la magnitud del efecto mediante ensayos de laboratorio.

3.2.3. Enfoque

La investigación se enmarca en el enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en la medición numérica y el análisis estadístico de los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio. Este enfoque permite comprobar, con objetividad y precisión, la influencia del aditivo PROES en el mejoramiento del CBR de la subrasante del tramo Bambamarca – La Paccha.

3.2.4. Medición

Transversal, se recolectaron los datos en una sola vez, el año 2024.

3.2.5. Diseño

Experimental: se realizó la manipulación de la variable independiente al agregar el aditivo PROES en cantidades específicas (tres dosificaciones: 0.25, 0.30 y 0.35 L/m³), permitiendo evaluar experimentalmente su influencia sobre el CBR de la subrasante en condiciones controladas de laboratorio.

3.3. Población, muestra y unidad de análisis

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por las probetas de CBR que se pueden elaborar con el suelo extraído de la subrasante del tramo Bambamarca – La Paccha

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por las probetas de CBR elaboradas para los ensayos de laboratorio, distribuidas de la siguiente manera

Tabla 10. Distribución de probetas de ensayo CBR de suelo natural + dosificación de Aditivo Proes

Calicata	Suelo Natural	Dosificación 0.25 l/m ³	Dosificación 0.30 l/m ³	Dosificación 0.35 l/m ³	Total, probetas
C-01	3 probetas (10, 25, 56 golpes)	3 probetas (10, 25, 56 golpes)	3 probetas (10, 25, 56 golpes)	3 probetas (10, 25, 56 golpes)	12
C-02	3 probetas (10, 25, 56 golpes)	3 probetas (10, 25, 56 golpes)	3 probetas (10, 25, 56 golpes)	3 probetas (10, 25, 56 golpes)	12
TOTAL	6	6	6	6	24 probetas

3.3.3. Unidad de análisis

La influencia del aditivo PROES en el CBR de la subrasante

3.3.4. Unidad de observación

Probetas de CBR

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Estudios experimentales, se utilizó diferentes dosificaciones de aditivo PROES y se determinó el efecto en CBR

Instrumentos: Se utilizó formatos para los ensayos de laboratorio.

Se utilizó la normativa de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, con las siguientes normas para los ensayos.

- **ASTM D-2216** Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (Determinación en laboratorio del Contenido de Agua/Humedad de Suelo y Roca).
- **ASTM D-422** Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Análisis Granulométrico de Suelos por tamizado e hidrómetro. Aunque fue retirada, es la

referencia clásica).

- **ASTM D-4318** Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils (Determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad, conocidos como Límites de Atterberg).
- **ASTM D-1557** Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (Ensayo de Compactación Modificada de Suelos, conocido comúnmente como Ensayo Proctor Modificado).
- **ASTM D-1883** Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils (Ensayo para determinar el Índice de CBR de suelos compactados en laboratorio).

3.5. Materiales

- Suelo de subrasante: Se extrajeron muestras representativas de cuatro calicatas ubicadas en el tramo Bambamarca – La Paccha, las cuales fueron acondicionadas para los ensayos de laboratorio.
- Aditivo PROES: Estabilizador químico utilizado en tres diferentes dosificaciones con el fin de evaluar su influencia en el mejoramiento del CBR.
- Agua: Necesaria para la preparación de las mezclas suelo–aditivo en condiciones de humedad óptima.

3.6. Equipos

- Balanza de precisión a 0.1 g con capacidad de 400g
- Balanza de precisión a 1 g con capacidad de 5kg
- Balanza de precisión a 1 g con capacidad de 12kg
- Horno de secado con termostato $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Taras
- Espátula

- Juego de tamices 3", 2", 1", ½", 1/4", N°4, N°10, N°20, N°30, N°40, N°60, N°100 y N°200 con tapa y base
- Bandeja de mezclado
- Probeta 100ml
- Copa de Casagrande
- Ranurador
- Placa de vidrio esmerilado
- Molde cilíndrico de 4"
- Molde cilíndrico de 6" con collar y placa base
- Pisón de compactación de 4.54 kg
- Regla enrasadora
- Disco espaciador
- Placa perforada y vástago
- Sobrecargas (pesas anulares)
- Trípode con dial de expansión
- Tanque de inmersión
- Deformímetro
- Prensa CBR con sistema de carga digital
- Pistón de penetración de 2"

3.7. Procedimiento

El procedimiento relacionado en esta investigación se detalla a continuación:

3.7.1. Reconocimiento e inspección de la vía

Se realizó un recorrido del tramo de carretera Bambamarca – La Paccha para identificar las características del terreno, el estado actual de la vía y las zonas críticas donde la subrasante presentaba deficiencias. Esta inspección visual permitió determinar los puntos estratégicos para la ubicación de las calicatas.

3.7.2. Ubicación de las calicatas y extracción de las muestras

Se excavaron 4 calicatas (C-01, C-02, C-03 y C-04) a lo largo del tramo, con una separación aproximada de 500 metros entre cada una. Las calicatas se realizaron con dimensiones de 1.20 m x 1.20 m y una profundidad promedio de 1.50 metros. En todas las calicatas se identificó un solo estrato homogéneo, del cual se extrajo material representativo para su posterior análisis en

laboratorio.

3.7.3. Ensayos de muestras en estado natural

3.7.3.1. Contenido de humedad

- Se cuarteó manualmente la muestra recolectada en campo.
- Las muestras se colocaron en un recipiente previamente tarado y determinó su masa en estado húmedo, registrando dicho valor como peso húmedo.
- Posteriormente las muestras fueron llevadas a un horno a una temperatura de 110°C hasta alcanzar un peso constante, con el fin de obtener la masa en estado seco.
- Con los valores de masa húmeda y masa seca se calculó el contenido de humedad natural del suelo, expresado en porcentaje.

3.7.3.2. Análisis granulométrico

- Se realizó un cuarteo manual de la muestra, considerando el tamaño máximo de las partículas.
- Se llevó a cabo el análisis granulométrico por tamizado de manera fraccionada, empleando como tamiz separador la malla N.º 4.
- La fracción retenida (grava) fue sometida a un proceso de lavado sobre la malla N.º 4, mientras que la fracción pasante (arena y finos) se lavó a través de la malla N.º 200.
- Se secaron ambas fracciones en el horno a una temperatura de 110 °C hasta alcanzar peso constante.
- Se tamizó la fracción gruesa utilizando las mallas: 3", 2", 1½", 1", ¾", ½", ⅜", y N.º 4; y de la fracción fina mediante las mallas: N.º 4, N.º 10, N.º 16, N.º 20, N.º 30, N.º 40, N.º 60, N.º 100 y N.º 200.
- Se pesaron las fracciones retenidas en cada malla, obteniéndose así los datos necesarios para la construcción de la curva granulométrica correspondiente.

3.7.3.3. Límite de Atterberg

Límite líquido:

- Se extrajo un espécimen de ensayo con un peso de 200 g de suelo pasante por la malla N.º 40.
- El material se mezcló con agua potable hasta alcanzar una consistencia plástica adecuada

- Una vez obtenida la consistencia requerida, la muestra fue cubierta para evitar pérdidas de humedad y se dejó en reposo por un período mínimo de 16 horas, con el fin de garantizar su adecuada saturación.
- Se colocó una porción de la pasta en la copa de Casagrande.
- Se formó una ranura con el acanalador dividiendo la muestra en dos mitades.
- Se giró la manivela a razón de 2 golpes/segundo hasta que las dos mitades se unieron en 13 mm.
- Se registró el número de golpes.
- Se extrajo una muestra de la zona unida y se pesó.
- Se secó en horno a 110°C hasta peso constante.
- Se repitió el procedimiento variando el contenido de humedad para obtener datos entre 15-25, 20-30 y 25-35 golpes.
- Se graficó la curva de fluidez para determinar el límite líquido a 25 golpes

Límite plástico:

- Se tomó una muestra de 20 g de la pasta previamente saturada. De esta cantidad, se extrajeron porciones de entre 1.5 g y 2.0 g, con las cuales se formaron pequeñas masas de forma elipsoidal.
- Cada porción fue enrollada sobre una placa de vidrio, aplicando la presión necesaria hasta obtener un hilo uniforme de 3.2 mm(1/8”) de diámetro. En caso de que el hilo no presentara fisuras al alcanzar dicho diámetro, la masa se reamasó y se repitió el procedimiento, tantas veces como fuera necesario, hasta que el hilo se agrietara justo al llegar al diámetro especificado.
- Cuando el cilindro se agrietó exactamente a 3.2 mm, se colocó en un recipiente. Se reunieron mínimo 6 g de cilindros agrietados, se pesó y secó en el horno a 110°C para determinar el contenido de humedad.

3.7.3.4. Ensayos mecánicos del suelo

En función de la clasificación del suelo, se seleccionaron las calicatas C-01, C-02 y C-04 como las más representativas para ser evaluadas mediante los ensayos de Proctor Modificado, CBR y la aplicación del aditivo PROES.

Proctor modificado:

- Se tamizó la muestra en estado natural utilizando la malla N.^a 4 para Método A (C-01 y C-02) y $\frac{3}{4}$ " para Método C (C-04)
- Se prepararon 5 muestras de 3 kg (Método A) o 6 kg (Método C) cada una.
- Se agregaron diferentes contenidos de agua a cada porción con variaciones no mayores al 2%.
- Se mezcló uniformemente cada porción y se dejó reposar en bolsa sellada durante 16 horas.
- Se pesó el molde con su base y collar de extensión.
- Se compactó cada muestra en 5 capas.
- Se aplicaron 25 golpes por capa (Método A) o 56 golpes por capa (Método C) con el pisón de 4.54 kg desde 45.72 cm de altura.
- Se retiró el collar y se enrasó con la regla.
- Se pesó el molde con el suelo compactado.
- Se extrajo material de la parte superior e inferior para determinar el contenido de humedad.
- Se repitió el procedimiento con las 5 muestras.
- Se graficó densidad seca vs. contenido de humedad para determinar el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca.

California Bearing Ratio (CBR):**a) Compactación**

- Se preparan tres muestras de 6 kg cada una, a las cuales se les adiciono el contenido óptimo de humedad previamente determinado y se mezcló uniformemente.
- Se colocó el disco espaciador en el fondo del molde de 6".
- Cada muestra fue compactada en cinco capas, variando el número de golpes aplicados por capa: 10, 25 y 56 golpes, respectivamente.
- Se retiró el disco espaciador y se invirtieron los moldes, se pesó.
- Se colocó la placa perforada con vástago sobre la muestra.
- Se aplicaron las sobrecargas.

b) Expansión

- Se colocó el trípode con un deformímetro de expansión calibrado en cero.
- Se sumergió los moldes en un tanque durante 96 horas y se registraron las lecturas de expansión cada 24 horas.

c) Penetración

- Se retiraron los tres moldes del tanque y se drenaron durante 15 minutos.

Para cada molde, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se colocó el molde en la prensa CBR manteniendo las sobrecargas.
- Se asentó el pistón de penetración de 2" sobre la muestra.
- Se ajustaron a cero los deformímetros de carga y penetración.
- Se aplicó carga a velocidad constante de 1.27 mm/min.
- Se registraron las lecturas de carga a las siguientes penetraciones: 0.64, 1.27, 1.91, 2.54, 3.18, 3.81, 5.08, 7.62, 10.16 y 12.70 mm.
- Se graficó carga vs. penetración para cada molde.

3.7.4. Dosificación del aditivo

Las dosificaciones de PROES (0.25, 0.30, 0.35 L/m³) se seleccionaron según recomendaciones del fabricante.

Se realizó el cálculo con la siguiente fórmula:

$$\text{Aditivo Proes (ml)} = \left(\frac{\text{Espécimen de ensayo (kg)}}{\text{MDS } (\frac{\text{kg}}{\text{m}^3})} * \text{Aditivo}(\frac{\text{lt}}{\text{m}^3}) \right) * 1000$$

Entonces de acuerdo con los cálculos respectivos se obtienen los resultados que se detallan a continuación:

Tabla 11. Dosificación de la calicata 01

CALICATA	ESP. ENSAYO (kg)	ADITIVO (lt/m3)	DMS (kg/m3)	CANTIDAD (ml)
C1	6	0.25	1976.43	0.76
	6	0.30	1976.43	0.91
	6	0.35	1976.43	1.06

Tabla 12. Dosificación de la calicata 02

CALICATA	ESP. ENSAYO (kg)	ADITIVO (l/m3)	DMS (kg/m3)	CANTIDAD (ml)
C2	6	0.25	1749.55	0.86
	6	0.30	1749.55	1.03
	6	0.35	1749.55	1.20

NOTA: Los suelos de las calicatas **C-03** y **C-04** no fueron tratadas con aditivo PROES. La **C-03** no presenta plasticidad y según especificaciones técnicas del aditivo, este debe aplicarse solo en suelos plásticos. La **C-04** presenta un CBR de 16.2%, clasificando como subrasante buena según el Manual de Carreteras del MTC (ver Tabla 8), por lo que no requiere estabilización.

3.7.5. Ensayo de Proctor Modificado con Aditivo PROES

- Se repitió el procedimiento del ensayo Proctor modificado, adicionando las dosificaciones de 0.25, 0.30 y 0.35 L/m³ de Aditivo Proes.

3.7.6. Ensayo California Bearing Ratio con aditivo PROES

- Se prepararon 3 muestras de 6 kg para cada dosificación.
- El aditivo Proes, previamente dosificado, se diluye en el volumen de agua equivalente al contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo Proctor modificado.
- Esta solución de agua y aditivo se incorpora a la mezcla de suelo, asegurando una distribución homogénea de la humedad.
- Se dejó reposar la mezcla durante 30 minutos.
- Se siguió el mismo procedimiento de compactación, expansión y penetración del ensayo CBR natural.
- Se realizó el ensayo completo para las tres dosificaciones.

3.8. Análisis e interpretación de datos

El análisis de datos en esta investigación se realizó de manera cuantitativa y comparativa, tomando como base los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio aplicados a las muestras de suelo de la subrasante en estado natural y con la adición del aditivo PROES en diferentes dosificaciones. Los datos se organizaron en tablas y gráficas que representaron las variaciones en los valores de, densidad seca máxima, contenido óptimo de humedad y CBR, lo que permitió una comparación clara entre el suelo sin tratamiento y el suelo estabilizado.

La interpretación de los resultados se enfocó en explicar la influencia del aditivo PROES sobre la capacidad portante de la subrasante, identificando la dosificación que genere mayor incremento en el índice CBR y mejores condiciones de estabilidad. Con ello, se logró validar la hipótesis de investigación y sustentar la viabilidad técnica del uso del aditivo en proyectos viales de la región Cajamarca.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de los ensayos para las propiedades físicas

4.1.1. Contenido de humedad

Este ensayo fue desarrollado mediante la Norma ASTM D 2216, y los resultados son los que se muestran a continuación

Tabla 13. Resultados de ensayo para contenido de humedad

Calicata	Humedad Natural (%)
C-01	18.10%
C-02	17.59%
C-03	5.20%
C-04	10.50%

4.1.2. Análisis granulométrico

Con la ayuda de este ensayo se podrá determinar el método a seguir para el Proctor Modificado. A continuación, se presenta los resultados del análisis granulométrico:

Tabla 14. Resultados de ensayo para análisis granulométrico

Descripción	Calicata N° 01	Calicata N° 02	Calicata N° 03	Calicata N° 04
Estrato	E1	E1	E1	E1
% que pasa por el tamiz 3/8"	97.5	96.3	64.8	66.3
% que pasa por el tamiz N°4	94.4	93.6	35.6	61.2
% que pasa por el tamiz N°10	91.3	90.9	28.0	57.4
% que pasa por el tamiz N°40	86.6	85.8	22.5	53.2
% que pasa por el tamiz N°100	79.9	80.2	13.5	42.1
% que pasa por el tamiz N°200	75.1	74.0	9.5	32.2

4.1.3. Límite de Atterberg

Con los resultados obtenidos del ensayo de L.L. y L.P., se pudo determinar el Índice de Plasticidad, la cual nos sirve como dato importante para el cálculo de la dosificación del aditivo Proes.

A continuación, se presenta los resultados de los ensayos de Límite Líquido y Límite Plástico:

Tabla 15. *Resultados de límite líquido, plástico e índice de plasticidad*

MUESTRAS	CALICATA 01	CALICATA 02	CALICATA 03	CALICATA 04
LÍMITE LÍQUIDO	44	39	NP	36
LÍMITE PLÁSTICO	22	29	NP	18
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	22	10	NP	18

4.1.4. Clasificación SUCS y AASHTO

Mediante los resultados obtenidos de los ensayos que se muestran anteriormente se clasifican por el método AASHTO y SUCS.

Tabla 16. *Clasificación SUCS Y AASHTO*

MUESTRAS	CALICATA 01	CALICATA 02	CALICATA 03	CALICATA 04
SUCS	CL	ML	GP-GM	GC
AASHTO	A-7-6(15)	A-4(8)	A-2-6(0)	A-2-6(1)

4.2. Resultados de los ensayos para propiedades mecánicas

4.2.1. Proctor modificado

Mediante este ensayo se determinó la Máxima Densidad Seca y el contenido de humedad óptima; la cual los resultados se utilizaron para realizar el ensayo de CBR.

Tabla 17. *Resultados del ensayo de Proctor Modificado*

CALICATA	DENSIDAD MÁXIMA SECA (gr/cm3)	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)
C-01	1.976	11.9
C-02	1.750	17.3
C-04	2.134	9.5

***Nota:** Según las especificaciones técnicas del aditivo PROES, se usa solo en suelos que presentan plasticidad, es por ello por lo que en la calicata C-03 ya no se realizó ensayo de Proctor Modificado.*

4.2.2. Resultados del ensayo Proctor Modificado con aplicación de aditivo PROES

Mediante este ensayo se determinó la Máxima Densidad Seca y el contenido de humedad óptima adicionando aditivo PROES; dichos resultados se utilizaron para realizar el ensayo de CBR con la adición de aditivo.

Tabla 18. Resultados del ensayo de Proctor Modificado + Adición de Aditivo Proes

CALICATA	DOSIFICACIÓN (L/m³)	DENSIDAD MÁXIMA SECA(g/cm³)	CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)
C-01	0.25	2.005	11.9
	0.30	2.025	12.0
	0.35	2.023	12.0
C-02	0.25	1.762	17.4
	0.30	1.782	17.4
	0.35	1.797	17.4

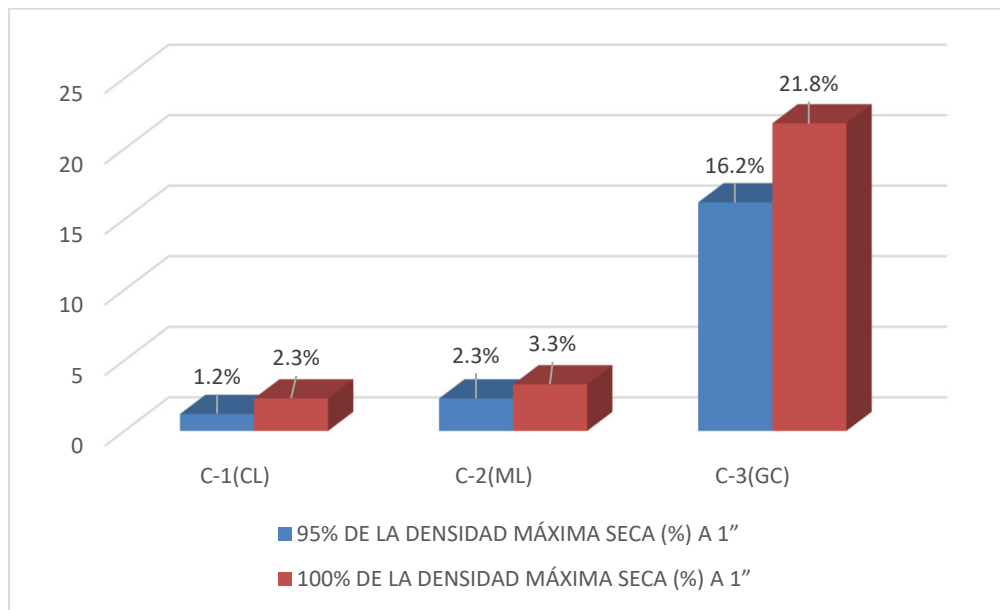
4.2.3. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

Para realizar el ensayo de CBR se consideró las calicatas C-01, C-02, y C-04. Obteniéndose los resultados que se presentan a continuación:

Tabla 19. Resultados de ensayos CBR en suelo natural

CALICATA	95% DE LA DENSIDAD MÁXIMA SECA (%) A 1"	100% DE LA DENSIDAD MÁXIMA SECA (%) A 1"
C-01	1.2%	2.3%
C-02	2.3%	3.3%
C-04	16.2%	21.8%

Figura 3. CBR del suelo natural



***Nota:** La C-04 no se tratará con aditivo PROES debido a su CBR natural Bueno, considerado adecuado para subrasantes según el Manual de carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" (Ver Tabla N°8)*

4.3. Resultados del ensayo CBR con aplicación de aditivo PROES

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo CBR con la aplicación del aditivo:

Tabla 20. Resultados de ensayo CBR con dosificación de 0.25 l/m³

CALICATA	95% DE LA DENSIDAD	100% DE LA DENSIDAD
	MÁXIMA SECA (%) A 1"	MÁXIMA SECA (%) A 1"
C-01	3.1%	4.5%
C-02	3.8%	4.3%

Figura 4. CBR con dosificación de 0.25 l/m³

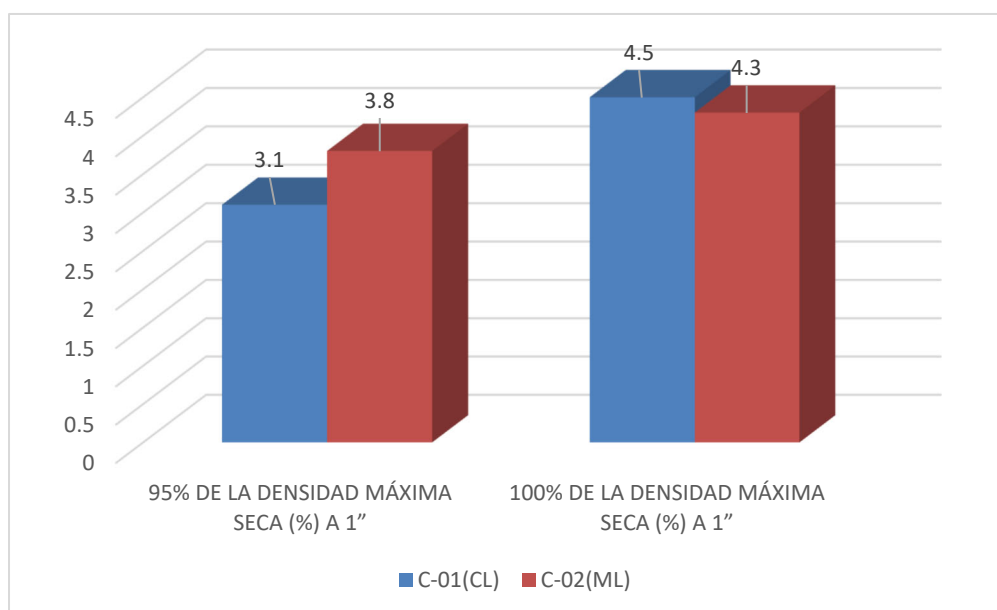


Tabla 21. Resultados de ensayo CBR con dosificación de 0.30 l/m³

CALICATA	95% DE LA DENSIDAD	100% DE LA DENSIDAD
	MÁXIMA SECA (%) A 1"	MÁXIMA SECA (%) A 1"
C-01	4.4%	5.7%
C-02	6.0%	6.4%

Figura 5. CBR con dosificación de 0.30 l/m³

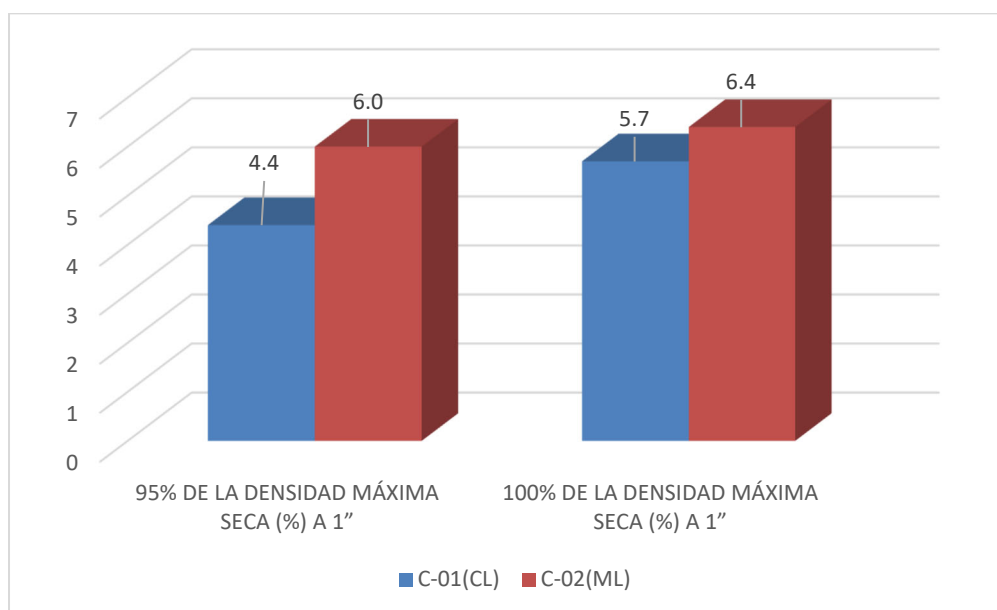


Tabla 22. Resultados de ensayo CBR con dosificación de 0.35 l/m³

CALICATA	95% DE LA DENSIDAD	100% DE LA DENSIDAD
	MÁXIMA SECA (%) A 1"	MÁXIMA SECA (%) A 1"
C-01	5.4%	7.4%
C-02	6.8%	8.9%

Figura 6. CBR con dosificación de 0.35 l/m³

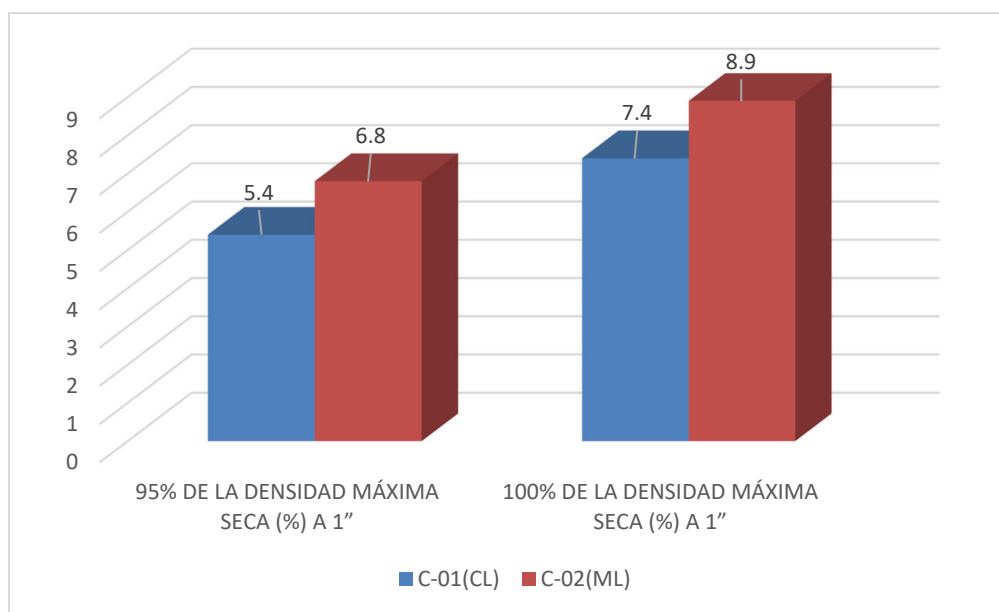


Tabla 23. CBR de calicata C-01(CL) con las tres dosificaciones

CALICATA C-01	95% DE LA DENSIDAD	100% DE LA DENSIDAD
	MÁXIMA SECA (%) A 1"	MÁXIMA SECA (%) A 1"
0.25 l/m³	3.1%	4.5%
0.30 l/m³	4.4%	5.7%
0.35 l/m³	5.4%	7.4%

Figura 7. CBR con las tres dosificaciones de la calicata C-01(CL)

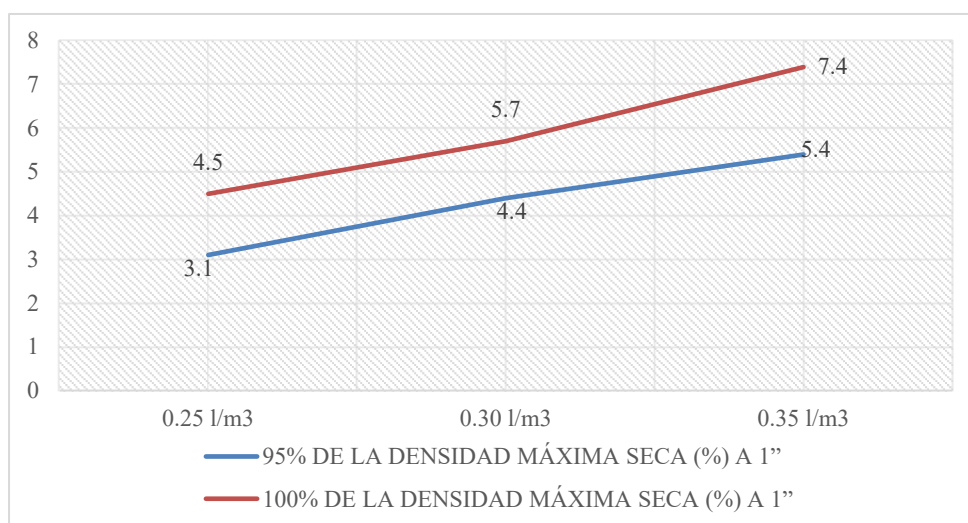


Tabla 24. CBR de calicata C-02(ML) con las tres dosificaciones

CALICATA C-02	95% DE LA DENSIDAD MÁXIMA SECA (%) A 1"	100% DE LA DENSIDAD MÁXIMA SECA (%) A 1"
0.25 l/m3	3.8%	4.3%
0.30 l/m3	6.0%	6.4%
0.35 l/m3	6.8%	8.9%

Figura 8. CBR con las tres dosificaciones de la calicata C-02(ML)

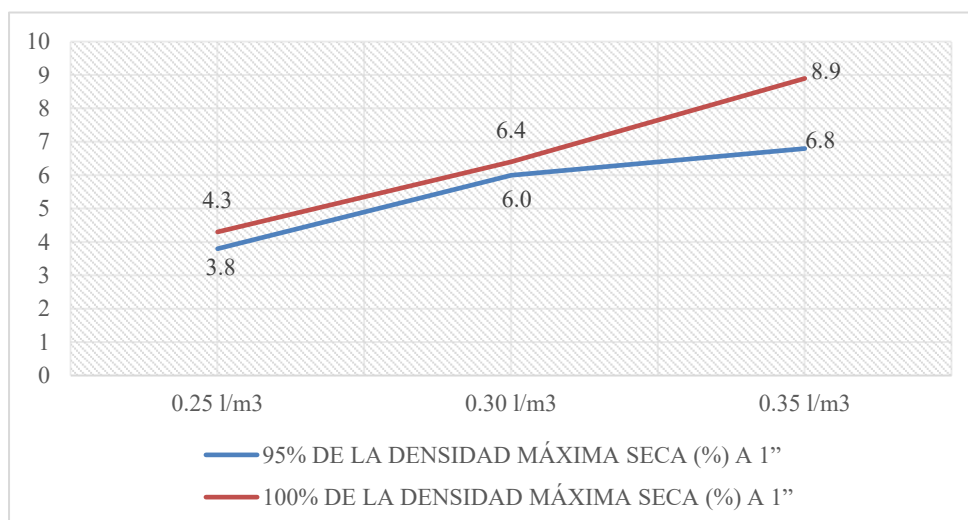


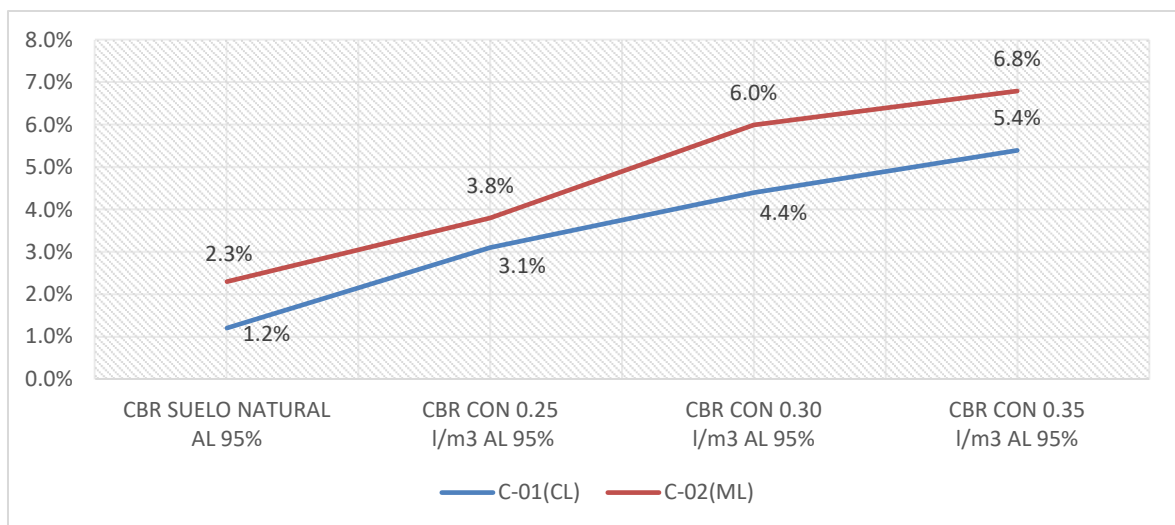
Tabla 25. Comparación de resultados del CBR de suelo natural con CBR con aditivo PROES

CALICATA	CBR	CBR		CBR		CBR	
	SUELO	Con 0.25	%	con 0.30	%	con 0.35	%
	NATURAL AL 95%	l/m3 al 95%	Incremento	l/m3 al 95%	Incremento	l/m3 al 95%	Incremento
C-01	1.2%	3.1%	158%	4.4%	267%	5.4%	350%
C-02	2.3%	3.8%	65%	6.0%	161%	6.8%	196%

4.4. Contrastación de hipótesis

Al contrastar la hipótesis de investigación se obtuvo que la aplicación del aditivo PROES genera una mejora significativa en la capacidad de soporte de la subrasante del tramo Bambamarca-La Paccha. Esta verificación se sustenta en los resultados del ensayo CBR en estado natural (Tabla 19) y los valores obtenidos con la aplicación del aditivo PROES en sus diferentes dosificaciones (Tablas 20, 21, 22, 23, 24 y 25).

Los datos demuestran incrementos sustanciales en los valores de CBR para ambas calicatas evaluadas (C-01 y C-02), con mejoras que oscilan entre 65% y 350% respecto al suelo natural. Estos resultados permiten validar la hipótesis de investigación, confirmando que el aditivo PROES influye positivamente en el mejoramiento de la capacidad portante de la subrasante, superando ampliamente el incremento del 10% establecido en la hipótesis.

Figura 9. Incremento de capacidad de soporte de la subrasante con aplicación de aditivo PROES

4.5. Discusión de resultados

En la Tabla 14. Los suelos evaluados en las calicatas C-01 y C-02 presentan una fracción fina muy elevada (75–90 % pasa la malla N.º 200), con índices de plasticidad de 22 % para el suelo de tipo CL y 10 % para el suelo de tipo ML (Tablas 15 y 16), respectivamente. Este predominio de finos explica los bajos valores de CBR natural obtenidos (1,2–2,3 % al 95 % de DMS, Tabla 19, Figura 3). Este comportamiento mecánico desfavorable se ve además intensificado por los elevados contenidos de humedad natural registrados, de 18,10 % y 17,59 % (Tabla 13), los cuales incrementan la susceptibilidad al agua y reducen la capacidad portante en suelos limo–arcillosos.

Los resultados de las Tablas 20, 21 y 22 revelan que el aditivo PROES genera un efecto estabilizador progresivo según la dosificación aplicada, siendo efectivo en suelos finos de baja capacidad portante como el CL y ML evaluados. Con 0,25 L/m³ (Figura 4) se produjeron incrementos moderados en el CBR: En el suelo CL de 1,2 % a 3,1 % y en el suelo ML de 2,3 % a 3,8 %, confirmando que incluso en dosis bajas el aditivo mejora la compactación del suelo. Al incrementar a 0,30 L/m³ (Figura 5), se observó el mayor margen de mejora: el suelo CL alcanzó un 4.4 % y el suelo ML 6.0 % logrando la mayor eficiencia en el mejoramiento del CBR. Con 0,35 L/m³ (Figura 6), aunque los valores continuaron aumentando hasta 5.4 % en suelo CL y 6,8 % en el suelo ML, el margen de mejora fue significativamente menor, incrementándose solo 1.0 % en CL y 0,8 % en ML.

Las Tablas 23 y 24 (Figuras 7 y 8) evidencian que, aunque la dosificación de 0.35 L/m³ genera el mayor incremento absoluto de CBR (5.4% en C-01 y 6.8% en C-02), la dosificación de 0.30 L/m³ presenta la mayor eficiencia, alcanzando valores de 4.4% y 6.0% respectivamente con un incremento marginal de solo 1.0% y 0.8% al pasar de 0.30 a 0.35 L/m³. Este comportamiento de rendimientos decrecientes coincide con Yaun (2023) en Cajamarca, quien identificó que dosificaciones superiores a 0.30 L/m³ generan mejoras poco significativas. Igualmente, Vásquez (2024) en el tramo El Tumi - Chunchunquillo (Jaén) determinó que 0.30 L/m³ fue la más eficiente, observando que 0.35 L/m³ presentó una disminución del CBR. Esto valida que 0.30 L/m³ representa la dosificación técnica y económicamente óptima para suelos limo-arcillosos de la región.

Según las Tablas 23 y 24, los valores alcanzados ($\approx 3,1-6,8$ % de CBR mejorado) superan ampliamente la hipótesis inicial de un incremento mínimo del 10 % (Figura 9), validando los objetivos de la investigación. Los resultados guardan consistencia con antecedentes: en Perú, Piscoya y Reátegui (2021) cuadruplicaron el CBR de 3 % a 13 %. Las ganancias obtenidas (150-283 %) se ubican en la franja alta de respuesta de suelos limo-arcillosos (A-4 y A-7-6)

Según la Tabla 18, los resultados del ensayo Proctor Modificado con adición de aditivo PROES evidencian que la incorporación del estabilizador en las tres dosificaciones evaluadas no genera variaciones sustanciales en la densidad máxima seca ni en la humedad óptima respecto al suelo natural (Tabla 17). Para el suelo CL, la densidad máxima varía entre 2.005 y 2.025 g/cm³ (incremento de 1.5-2.5% respecto al suelo natural de 1.976 g/cm³), mientras que para el suelo ML se encuentra entre 1.762 y 1.797 g/cm³ (incremento de 0.7-2.7% respecto al suelo natural de 1.750 g/cm³). La humedad óptima se mantiene prácticamente constante en ambos suelos. Este comportamiento es favorable, ya que permite mantener los procedimientos de compactación convencionales en campo sin necesidad de ajustes significativos en los procesos constructivos.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El suelo que conforma la subrasante del tramo Bambamarca – La Paccha se clasificó según el sistema SUCS como CL (arcilla de alta plasticidad), ML (limo de baja plasticidad) y GC (grava arcillosa), y según AASHTO en A-7-6(15), A-4(8) y A-2-6(1), para los suelos de las calicatas C-01, C-02 y C-04 respectivamente. La máxima densidad seca en el ensayo Proctor Modificado de 1.976 g/cm³, 1.750 g/cm³ y 2.134 g/cm³, con humedades óptimas de 11.9%, 17.3% y 9.5%, respectivamente. La capacidad de Soporte mediante el ensayo CBR en estado natural es 1.2%, 2.3% y 16.2% (al 95% de la densidad máxima seca), confirmando la necesidad de estabilización para los suelos de las C-01 y C-02.

El CBR adicionando aditivo PROES para el suelo CL fue de 3.1%, 4.4% y 5.4%, mientras que para el suelo ML fue de 3.8%, 6.0% y 6.8% al 95% de la densidad máxima seca. Existe una mejora progresiva de la capacidad de soporte con el incremento de la dosificación del aditivo en ambas calicatas evaluadas.

Los resultados de CBR entre el suelo natural y el suelo tratado con las diferentes dosificaciones de aditivo PROES evidenciaron incrementos progresivos en la capacidad de soporte. Para la dosificación de 0.25 L/m³, el CBR del suelo CL aumentó de 1.2% a 3.1% (+158%) y el del suelo ML de 2.3% a 3.8% (+65%). Para la dosificación de 0.30 L/m³, el CBR del suelo CL aumentó de 1.2% a 4.4% (+267%) y el del suelo ML de 2.3% a 6.0% (+161%). La dosificación de 0.35 L/m³ generó los incrementos más altos: el CBR del suelo CL aumentó de 1.2% a 5.4% (+350%) y el del suelo ML de 2.3% a 6.8% (+196%).

La adición de PROES mejoró sustancialmente la capacidad de soporte de los suelos limo-arcillosos del tramo Bambamarca-La Paccha, superando ampliamente el 10 % previsto (Figura 9) y situando los resultados en línea con la evidencia científica nacional e internacional sobre el uso de aditivos estabilizadores. Estos resultados demuestran que el aditivo PROES es efectivo para el mejoramiento del CBR en suelos finos con baja capacidad portante de la región.

5.2. Recomendaciones

Realizar investigaciones sobre la influencia del aditivo PROES en las propiedades de plasticidad y expansividad de suelos finos.

Evaluar el comportamiento a largo plazo del suelo estabilizado con aditivo PROES mediante ensayos de durabilidad, considerando ciclos de humedecimiento-secado y la variación del CBR en el tiempo bajo condiciones climáticas propias de la región Cajamarca.

Investigar con ensayos a escala piloto en tramos de prueba de campo, que permitan validar los resultados obtenidos en laboratorio y establecer curvas de dosificación más precisas para cada clasificación de suelo presente en la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (IGN), I. G. (2024). *Cartografía base del Perú*. Obtenido de <https://www.gob.pe/ign>
- AASHTO. (2013). *Manual de Evaluación de Pavimentos" de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte*.
- Aguirre, J. J., & Prado, M. (2019). *Estabilización de la subrasante en la vía Cuicocha - Apuela del km32 al km 38, Cantón Cotacachi, provincia de Imbabura*. Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- Almeida Navarrete, F. J., & Sánchez Quintero, E. A. (2019). *Estabilización de suelos con el uso de conaid en el caso de estudio de la vía Las Mercedes - Puerto Nuevo, provincia de Santo Domingo de los Tsachilas*. Pontificia Universidad Católica de Ecuador.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM D2487-17: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. ASTM International. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=E&source=gmail&q=https://doi.org/10.1520/D2487-17>
- ASTM D1557-12. (5 de julio de 2021). *Métodos de prueba estándar para las características de compactación de suelo en laboratorio utilizando esfuerzo modificado*. Obtenido de ASTM Compass: <https://store.astm.org/d1557-12r21.html>
- ASTM D1883-21. (10 de Diciembre de 2021). *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. Obtenido de ASTM Compass: <https://store.astm.org/d1883-21.html>
- ASTM D2216-19. (19 de Marzo de 2019). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. Obtenido de ASTM Compass: <https://store.astm.org/d2216-19.html>
- ASTM D422-63. (24 de Febrero de 2014). *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils*. Obtenido de ASTM Compass: <https://store.astm.org/d0422-63r07.html>
- ASTM D4318-17. (17 de Abril de 2018). *Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. Obtenido de ASTM Compass: <https://store.astm.org/d4318-17e01.html>
- Baltodano Contreras, W. E. (2018). *Modelo de gestión de conservación vial basado en criterios de sostenibilidad para reducir los costos de mantenimiento vial en la carretera desvío Salaverry - Santa*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Bañón, L., & Beviá García, J. F. (22 de junio de 2000). *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento*. Obtenido de Docencia - Ingeniería y Arquitectura - Manuales / Temas: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>
- C, V. E. (2024). *Influencia del aditivo PROES para el mejoramiento de la subrasante del tramo El*

- Tumi – Chunchunquillo, Jaén*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca:
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6844>
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4ª ed.). Cengage Learning.
- Das, B., & Sobhan, K. (2014). *Principles of Geotechnical Engineering* (8 ed.). Cengage Learning.
- Díaz Moori, G. M. (2021). *Estabilización de suelos cohesivos para vías no pavimentadas por medio de aditivos en La Ladera del sector La Esperanza del distrito de Chilca - Huancayo - Junín, 2019*. Universidad Peruana Los Andes.
- Enciso Huamán, H., & Flores del Villar, J. H. (2021). *Estabilización de suelos con aditivo Proes, caso: Centro Poblado Aurora Alta, 2021*. Universidad César Vallejo.
- Google LLC. (2024). *Google Earth Pro*. Obtenido de <https://earth.google.com>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2023). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. doi:Segunda Edición
- Huang, Y. H. (2004). *"Pavement Analysis and Design" (Análisis y Diseño de Pavimentos)*. . Pearson Education.
- Juares Badillo, E., & Rico Rodriguez, A. (2005). *Mecánica de Suelos: Tomo I - Fundamentos de la Mecánica de Suelos* (3ª ed.). México: Limusa.
- Marsac, P., Boussuge, J., & Horny, P. (2012). *Road and Off-Road Vehicle System Dynamics Handbook*. CRC Press.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (22 de junio de 2016). *Manual de ensayo de materiales*. Obtenido de Viceministerio de Transportes: portal.mtc.gob.pe
- NTP 339.1291999. (22 de junio de 2014). *Norma Técnica Peruana*. Obtenido de Comisión de Normalización y de Fiscoización de Barreras: <https://pdfcoffee.com/ntp-339129-2014-ll-y-lp-3-pdf-free.html>
- Pico Nuñez, J. C. (2020). *Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez Cantón San Pedro de Pelileo con conaid para el diseño de pavimentos de la misma*. Universidad Técnica de Ambato.
- Piscocoya Vargas, J. D., & Reátegui Vela, V. G. (2021). *Propuesta de innovación y su influencia en la mejora de la subrasante de la carretera Yurimaguas - Munichis, provincia de Alto Amazonas, departamento de Loreto*. Universidad Científica del Perú.
- PROESTECH. (22 de junio de 2025). *Nuestro servicio*. Obtenido de Ingeniería de alta calidad: <https://proestech.com.co/>
- Reátegui Puscan, J. A. (2018). *Influencia del aditivo Proes para mejorar la estabilización de la subrasante del tramo Lahuarpiá - Emilio San Martín, Jepelacio, Moyobamba 2017*. Universidad César Valeljo.
- Samamé Zatta, V. (2021). *Aplicación de los aditivos proes y conaid y su relación con la mejora del*

CBR en la subrasante de la carretera Pilluana - Paríso, provincia de Picota, departamento de San Martín. Universidad Científica del Perú.

Tamassoki, S., Wang, S., Norsyahariati, N., & Jawed, M. (2025). Enhanced flexible pavement subgrade stability using activated carbon, coir fiber, and lime. *SCIENCE*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775525003695>

Yaun Díaz, Y. A. (2023). *Influencia del aditivo proes en la capacidad de soporte para el mejoramiento de subrasante del tramo Chiriaco - Mesones Muro, provincia de Bagua, distrito de Imaza.* Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5736>

ANEXOS

ANEXO A: PLANO DE UBICACION

[illegible]

UBICACIÓN DISTRITAL

9260000 9280000 9300000 9320000

6800000
7000000
7200000
7400000
7600000
7800000
8000000

N

Chongoyape

TARMA

MIRACOSTA

SAN JUAN DE LICUPIS

LLAMA

QUEROCOTO

HUAMBOS

COBABAMBA

CHUGUR

LAJAS

CHIGUIRIP

CHOTA

CONCHAN

TACABAMBA

ANGUA

PION

CHIRICAN

CHOROPAMPA

PACCHA

CHADIN

BAIMAMARCA

CHALAMARCA

52.50 5 10 15 20 Km

9260000 9280000 9300000 9320000


UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL


UBICACION DE EJE CARRETERA BAMBAMARCA LA PACCHA PK 12+880 -15+300 Y UBICACION DE CALICATAS

Map showing the location of the road CA 107 and the locations of the Calicatas (C-1, C-2, C-3, C-4) and the Ccpp_Bamba_Chalamarca. The map includes a scale bar (0 to 200 meters) and a north arrow. The map is titled "UBICACION DE EJE CARRETERA BAMBAMARCA LA PACCHA PK 12+880 -15+300 Y UBICACION DE CALICATAS".

Datum: WGS84-17S

ANEXO B: PANEL FOTOGRAFICO

Fotografía N° 1. Excavación de la Calicata C-01 y muestreo de suelos



Fotografía N° 2. Excavación de la Calicata C-02 y muestreo de suelos



Fotografía N° 3. Excavación de la Calicata C-03 y muestreo de suelos



Fotografía N° 4. Excavación de la Calicata C-04 y muestreo de suelos



Fotografía N° 5. Secado de Muestra después de lavado de finos



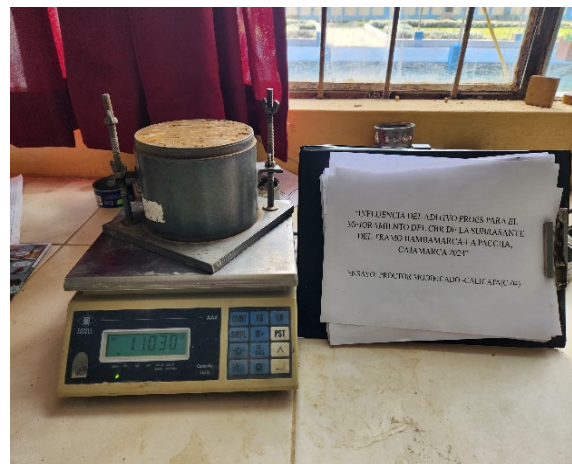
Fotografía N°6. Ejecución de Ensayo de Limite Liquido



Fotografía N° 7. Ensayo de Proctor Modificado



Fotografía N°8. Peso de Molde + suelo compactado - Proctor Modificado



Fotografía N° 9. Preparación de muestras para ensayo de CBR - Suelo Natural



Fotografía N°10. Adicionando Agua para ensayo de CBR-Suelo Natural, de acuerdo al Optimo Contenido de Humedad



Fotografía N° 11. Compactación para Ensayo de CBR – Suelo Natural



Fotografía N° 12. Sumersión de moldes con suelo compactado – Suelo Natural para ensayo de Hinchamiento



Fotografía N° 13. Lecturas de Deformación ensayo de Hinchamiento- Suelo Natural



Fotografía N°14. Ensayo de Penetración - Suelo Natural



Fotografía N° 15. Adición de Aditivo Proes al Optimo contenido de Humedad - Suelo +Aditivo



Fotografía N° 16. Colocación de con aditivo en bolsas plásticas para uniformizar la humedad -Suelo + Aditivo



Fotografía N°17. Compactación para CBR – Suelo +Aditivo



Fotografía N°18. Lectura cada 24h de expansión – Suelo +Aditivo



Fotografía N° 19. Drenado los moldes para someterlos a ensayo de Penetración



Fotografía N° 20. Ensayo de Penetración - Suelo +Aditivo



ANEXO C: ENSAYOS DE LABORATORIO SUELO NATURAL

HUMEDAD NATURAL

ASTM D2216

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782042.0E	9271564.0E	1965MSNM
PROGRESIVA	: km 15+300	Lado : Der.	

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-01
PROF. (m)	: 0.00 -1.50
PROF. (m)	:

Nº DE TARA	1	2
PESO MATERIAL HUMEDO + TARA	222.8	240.4
PESO MATERIAL SECO	192.4	208.4
PESO DE TARA (gr.)	28.4	27.5
PESO DE AGUA (gr.)	30.4	32.0
PESO MATERIAL SECO (gr.)	164.0	180.9
HUMEDAD NATURAL (%)	18.5	17.7
	18.1	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

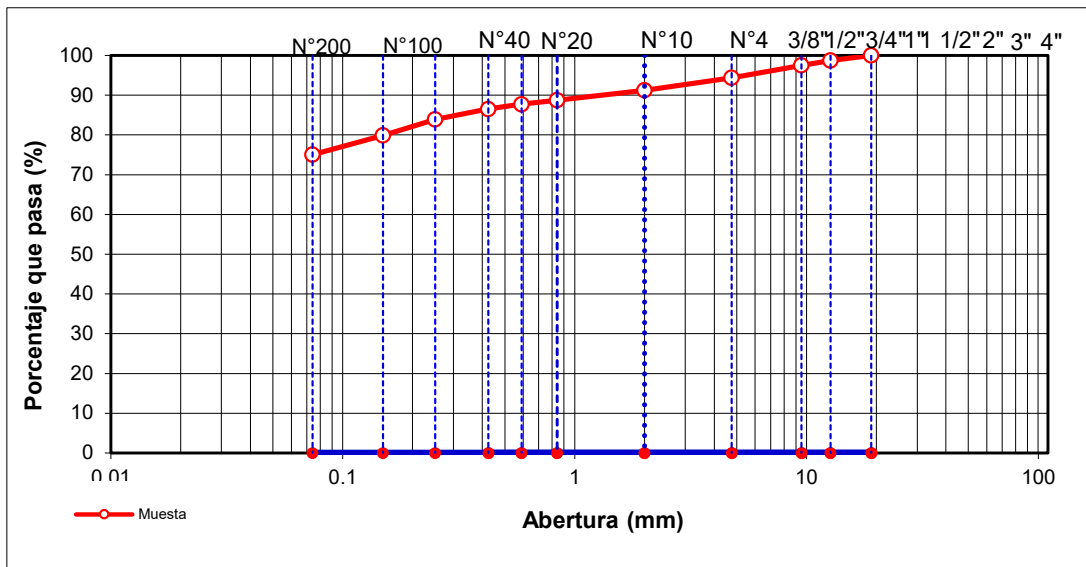
ASTM D422

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782042E	9271564E	1965MSNM
PROGRESIVA	: km 15+300		Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: CAL-01	TAM MAXIMO:	3/4"
MUESTREO	: M - 01	Peso inicial seco :	207.8 g
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	Peso lavado seco:	800.0 g
		Fino:	600.40 g

TAMIZ	ABERT. ASTMD (mm.)	PESO	(%)	(%)	(%)
	ABERT. (mm.)	RETENIDO	RETENIDO	RET. ACUM.	QUE PASA
3/4"	19.050				100.0
1/2"	12.700	10.0	1.3	1.3	98.8
3/8"	9.525	9.9	1.2	2.5	97.5
N° 4	4.760	25.2	3.2	5.6	94.4
N° 10	2.000	24.9	3.1	8.8	91.3
N° 20	0.840	20.0	2.5	11.3	88.8
N° 30	0.590	8.2	1.0	12.3	87.7
N° 40	0.425	9.6	1.2	13.5	86.5
N° 60	0.250	21.1	2.6	16.1	83.9
N° 100	0.149	32.0	4.0	20.1	79.9
N° 200	0.074	38.7	4.8	25.0	75.1
< N° 200	Fondo	600.4	75.1	100.0	

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40

ASTM D 4318

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 782042E	9271564E	1965MSNM	
PROGRESIVA	: Km 15+300			Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-01	TAMAÑO MAXIMO : N° 40
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	
PROF. (m)	:	

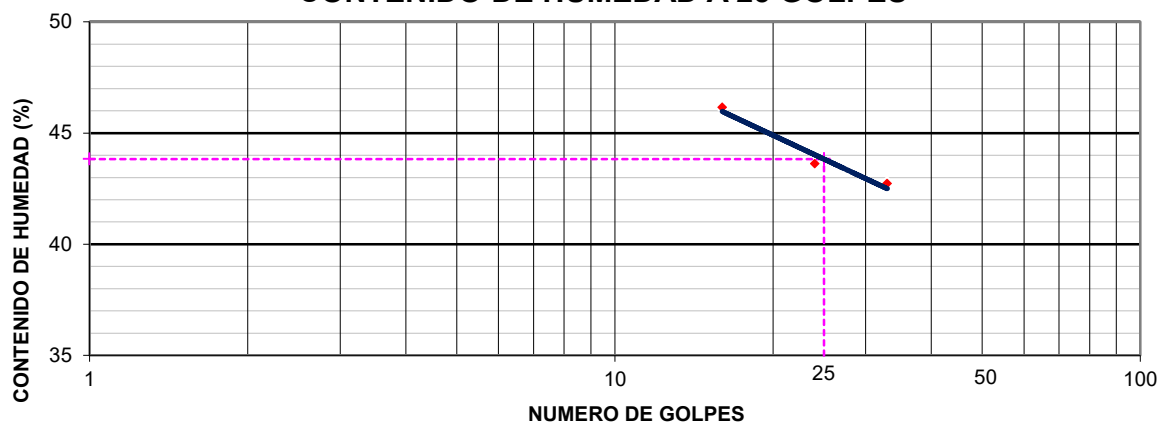
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO		5	6	7
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	42.60	38.60	40.80
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	37.90	34.50	36.60
PESO DE AGUA	(g)	4.70	4.10	4.20
PESO DEL TARRO	(g)	26.90	25.10	27.50
PESO DEL SUELO SECO	(g)	11.00	9.40	9.10
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	42.73	43.62	46.15
NUMERO DE GOLPES		33	24	16

LIMITE PLASTICO

N° TARRO		8	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	32.30	31.00
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	31.50	30.20
PESO DE AGUA	(g)	0.80	0.80
PESO DEL TARRO	(g)	27.81	26.57
PESO DEL SUELO SECO	(g)	3.69	3.63
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	21.68	22.01

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	44
LIMITE PLASTICO	22
INDICE DE PLASTICIDAD	22

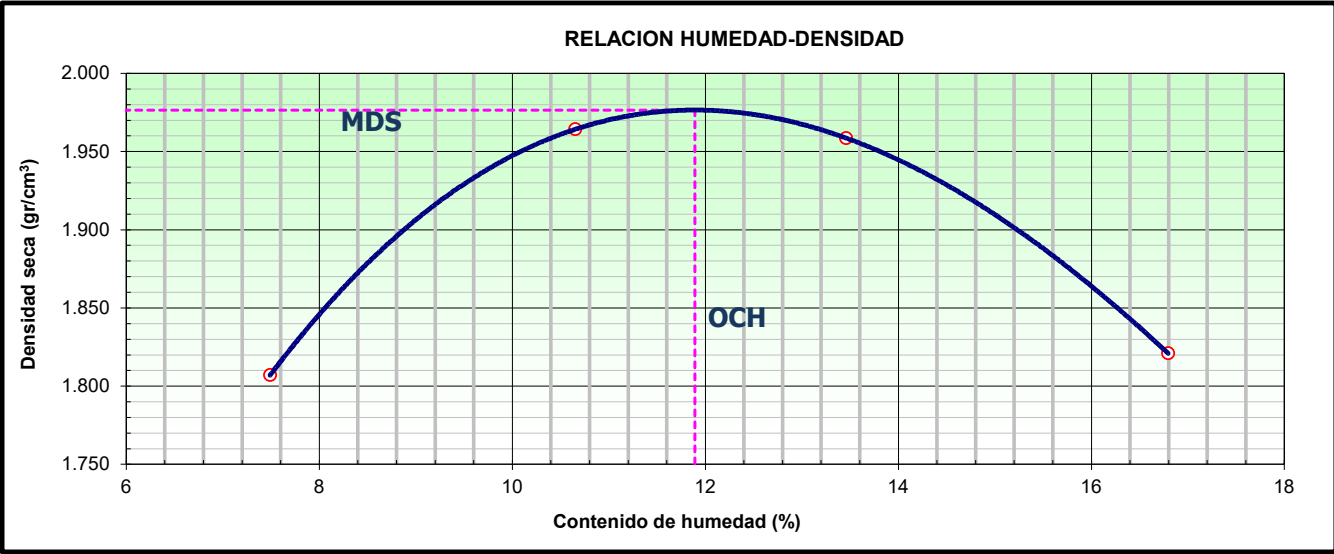
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
NORMA - ASTM D-1557

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782042E	9271564E	1965MSNM
PROGRESIVA	: km 15+300	Lado :	Der.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-01		
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (SUCS)	: CL
PROF. (m)	:	CLASF. (AASHTO)	: A-7-6(15)

METODO DE COMPACTACION	:	A							
Peso suelo + molde	gr	5928	6146	6192	6102				
Peso molde	gr	4096	4096	4096	4096				
Peso suelo húmedo compactado	gr	1832	2050	2096	2006				
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943				
Peso volumétrico húmedo	gr	1.942	2.173	2.222	2.127				
Recipiente N°		1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del suelo húmedo	gr	182.9	181.4	183.2	172.4	183.9	183.2	178.4	183.7
Peso del suelo seco	gr	172.2	170.6	168.1	158.6	165.3	164.6	156.5	161.4
Tara	gr	27.9	27.8	28.2	27.3	27.1	26.4	26.8	28.2
Peso de agua	gr	10.7	10.8	15.1	13.8	18.6	18.6	21.9	22.3
Peso del suelo seco	gr	144.3	142.8	139.9	131.3	138.2	138.2	129.7	133.2
Contenido de agua	%	7.42	7.56	10.79	10.51	13.46	13.46	16.85	16.74
Contenido de agua promedio	%	7.49	10.65	13.46	16.80				
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.807	1.964	1.959	1.821				
Densidad máxima (gr/cm ³)								1.976	
Humedad óptima (%)								11.9	



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107
MATERIAL	: Sub Rasante
UTM	: 0782042N 9271564N 1965MSNM
PROG	: Km 15+300 Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-01	CLASF. (SUCS)	: CL
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-7-6 (15)
PROF. (m)	:		

COMPACTACION

Molde N°	3		12		9	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9885	10090	9185	9453	9015	9438
Peso de molde (g)	5111	5111	4729	4729	4692	4692
Peso del suelo húmedo (g)	4774	4979	4456	4724	4323	4746
Volumen del molde (cm ³)	2161	2161	2102	2102	2129	2129
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.209	2.304	2.120	2.247	2.031	2.229
Tara (N°)	E-5	A-3	A-06	E-01	LI-2	A-12
Peso suelo húmedo	330.0	593.0	356.0	575.0	425.7	561.0
Peso suelo seco	301.0	516.0	324.0	490.0	385.1	467.0
Peso de tara (g)	47.0	58.00	56.00	47.00	42.0	58.00
Peso de agua (g)	29.0	77.0	32.0	85.0	40.6	94.0
Peso de suelo seco (g)	254.0	458.0	268.0	443.0	343.1	409.0
Contenido de humedad (%)	11.42	16.81	11.94	19.19	11.83	22.98
Densidad seca (g/cm ³)	1.983	1.972	1.894	1.886	1.816	1.813

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/06/2025	3:12	0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0
06/06/2025	3:06	24	2.39	2.390	2.1	2.77	2.770	2.4	3.46	3.460	3.0
07/06/2025	3:00	48	4.38	4.380	3.8	4.77	4.770	4.1	5.59	5.590	4.8
08/06/2025	3:05	72	5.46	5.460	4.7	5.78	5.780	5.0	6.58	6.580	5.7
09/06/2025	3:11	96	5.83	5.830	5.0	6.56	6.560	5.7	7.97	7.970	6.9

PENETRACION

DIAMETRO DEL PISTÓN: 5 cm ÁREA DEL PISTÓN: 19.63 cm²

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	PRESIÓN 56 GOLPES				PRESIÓN 25 GOLPES				PRESIÓN 10 GOLPES			
		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR	
		Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	%	Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	%	Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	%
0.00	0.000	0.0	0.00			0.6	0.03			0.0	0.00		
0.64	0.025	8.1	0.41			4.5	0.23			3.7	0.19		
1.27	0.050	17.5	0.89			9.8	0.50			6.6	0.34		
1.91	0.070	24.9	1.27			12.7	0.65			9.5	0.48		
2.54	0.100	34.8	1.77	1.68	2.38	18.1	0.92	0.9	1.27	11.2	0.57	0.6	0.81
3.18	0.125	40.7	2.07			21.6	1.10			13.5	0.69		
3.81	0.150	45.8	2.33			24.8	1.26			14.9	0.76		
4.45	0.175	51.2	2.61			28.5	1.45			16.9	0.86		
5.08	0.200	55.9	2.85	2.9	2.75	32.1	1.64	1.6	1.53	18.6	0.95	1.0	0.90
7.62	0.300	74.8	3.81			42.5	2.17			23.5	1.20		
10.16	0.400	87.2	4.44			51.7	2.63			27.3	1.39		
12.70	0.500	96.5	4.92			56.9	2.90			29.2	1.49		

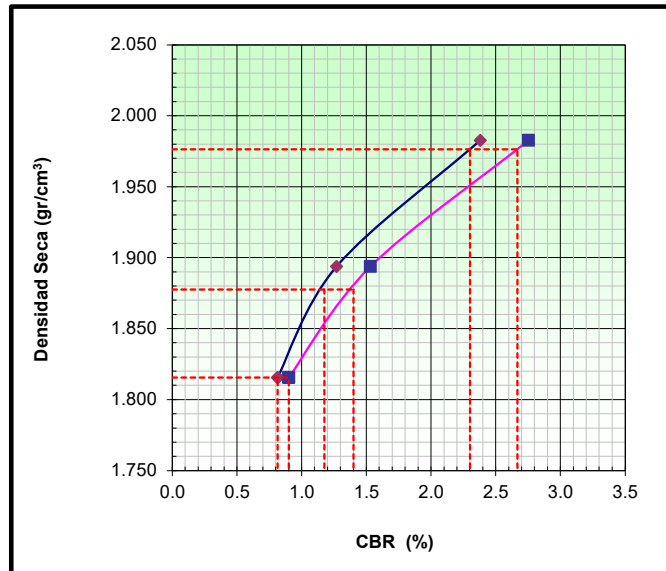
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782042E	9271564E	1965MSNM
PROGRESIVA	: km 15+300		Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-01		
PROF. (m)	: 0.00 -1.50		CLASF. (SUCS) : CL
PROF. (m)	:		CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (15)



METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.976
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 11.89
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.878

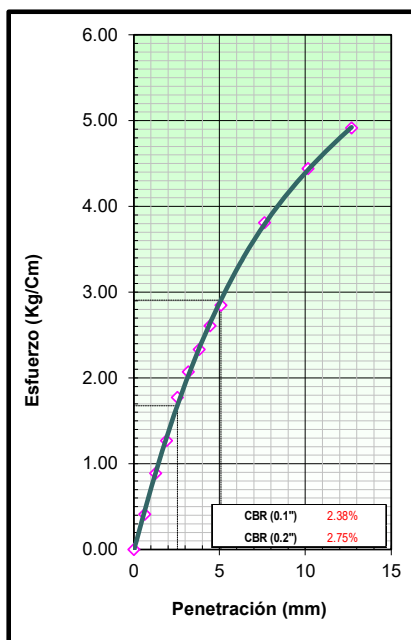
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 2.3	0.2": 2.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 1.2	0.2": 1.4

RESULTADOS:

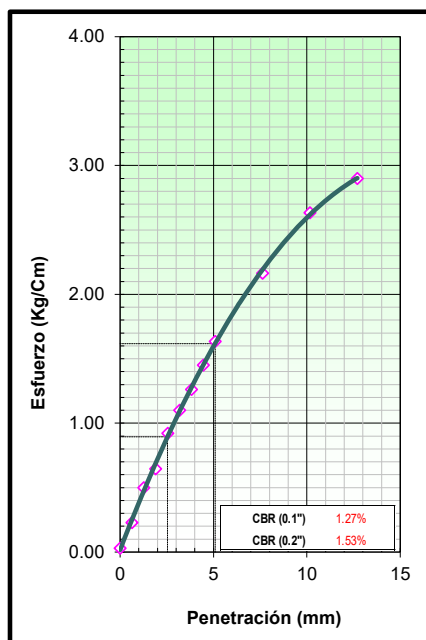
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	2.3	(%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	1.2	(%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm3)	Presion Aplicada (0.1")(kg/cm2)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2")(kg/cm2)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.816	0.57	0.81	0.95	0.90
25 GOLPES	1.894	0.92	1.27	1.64	1.53
56 GOLPES	1.983	1.77	2.38	2.85	2.75

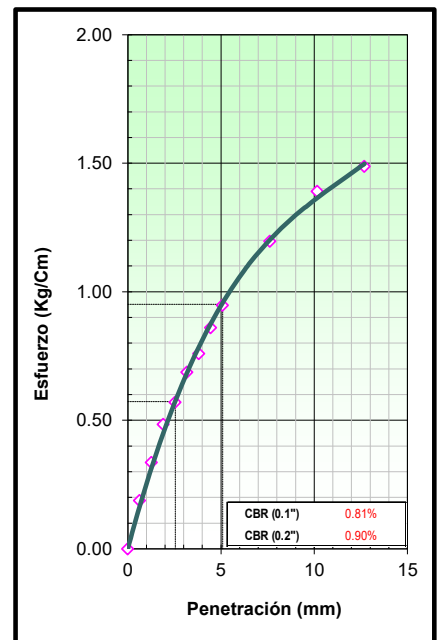
EC = 56 GOLPES



EC = 25GOLPES



EC = 10 GOLPES



HUMEDAD NATURAL

NORMA - ASTM D2216

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782082.000E	9271091.000N	2031.00MSNM
PROG	: km 14+400		Lado : lzq.

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: CAL-02		
MUESTREO	: M - 02		
PROF. (m)	: 1.50		

Nº DE TARA	3	4
PESO MATERIAL HUMEDO + TARA	278.4	271.8
PESO MATERIAL SECO	242.4	234.0
PESO DE TARA (gr.)	28.4	28.4
PESO DE AGUA (gr.)	36.0	37.8
PESO MATERIAL SECO (gr.)	214.0	205.6
HUMEDAD NATURAL (%)	16.82	18.36
	17.59	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

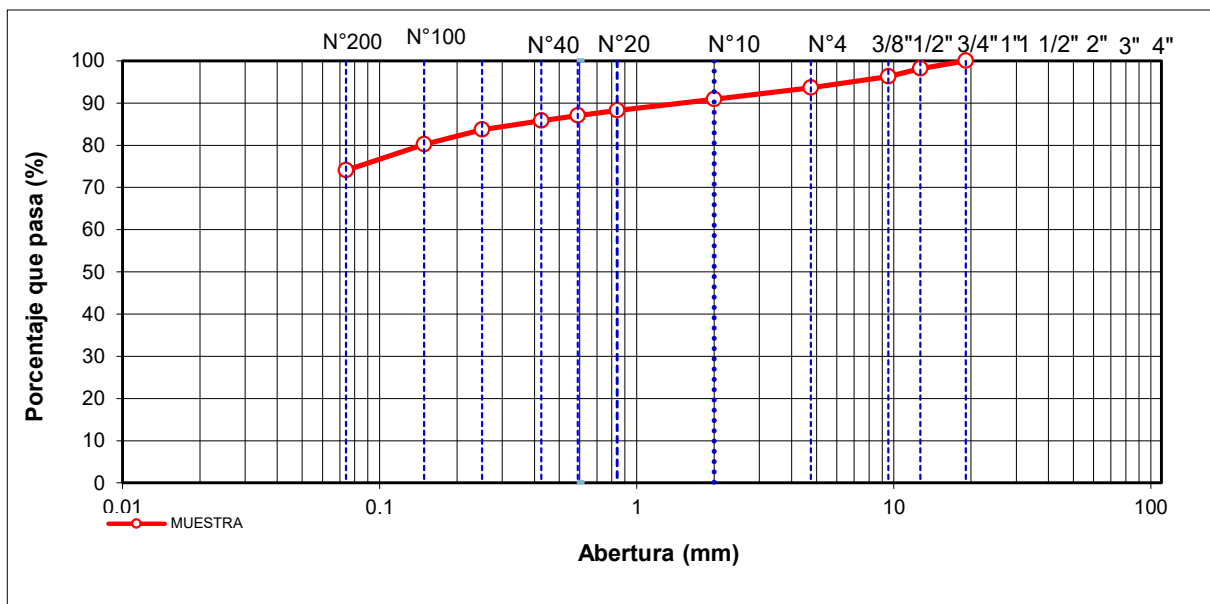
NORMA- ASTM D422

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 782082E	9271091N	2031msnm	
PROG	: km 14+400		Lado : lzq.	

DATOS DE LA MUESTRA				
CALICATA	: CAL-02	TAMAÑO MAXIMO:	3/4"	
MUESTREO	: M - 02	Peso inicial seco:	1000.0	g
PROF. (m)	1.50	Peso lavado seco:	265.0	g
		Fino :	740.70	g

TAMIZ	ABERT ASTMD ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) QUE PASA
3/4"	19.050				100.0
1/2"	12.700	18.4	1.8	1.8	98.2
3/8"	9.525	18.9	1.9	3.7	96.3
N° 4	4.760	26.7	2.7	6.4	93.6
N° 10	2.000	27.1	2.7	9.1	90.9
N° 20	0.840	26.8	2.7	11.8	88.2
N° 30	0.590	11.8	1.2	13.0	87.0
N° 40	0.425	12.0	1.2	14.2	85.8
N° 60	0.250	21.5	2.2	16.3	83.7
N° 100	0.149	34.7	3.5	19.8	80.2
N° 200	0.074	61.7	6.2	26.0	74.0
< N° 200	Fondo	740.7	74.1	100.0	

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40 **NORMA - ASTM D 4318**

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 782082E	9271091N	2031MSNM	
PROG	: Km 14+400			Lado : lzq.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-02	TAMANO MAXIMO : N° 40
MUESTREO	: M - 02	
PROF. (m)	: 1.50	

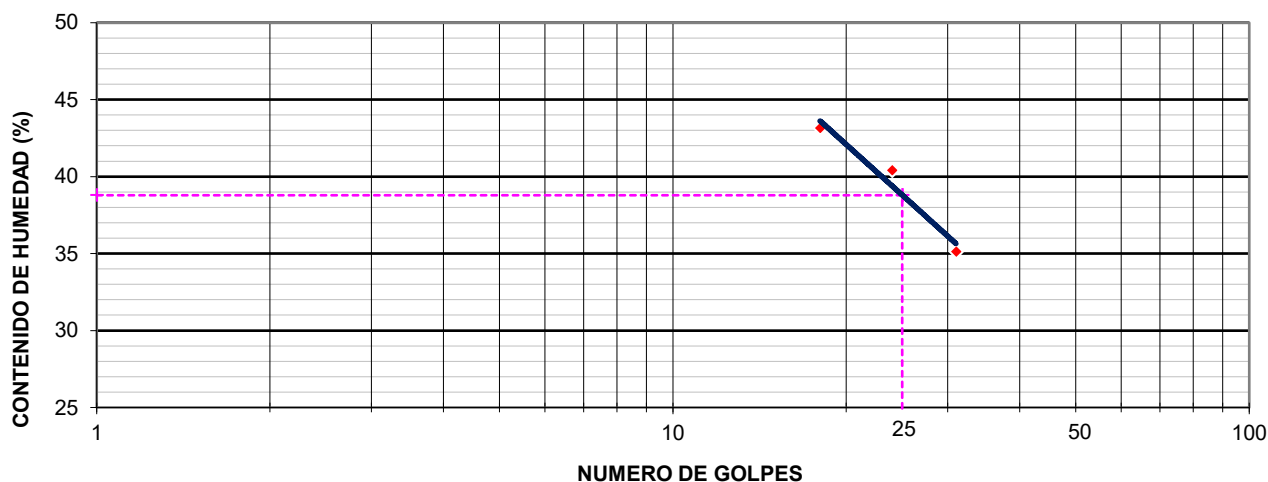
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO		10	11	12
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	49.70	40.80	41.00
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	43.80	36.80	36.90
PESO DE AGUA	(g)	5.90	4.00	4.10
PESO DEL TARRO	(g)	27.00	26.90	27.40
PESO DEL SUELO SECO	(g)	16.80	9.90	9.50
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	35.12	40.40	43.16
NUMERO DE GOLPES		31	24	18

LIMITE PLASTICO

N° TARRO		13	14
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	32.00	31.30
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	31.10	30.40
PESO DE AGUA	(g)	0.90	0.90
PESO DEL TARRO	(g)	27.97	27.32
PESO DEL SUELO SECO	(g)	3.13	3.08
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	28.75	29.18

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	39
LIMITE PLASTICO	29
INDICE DE PLASTICIDAD	10

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO NORMA - ASTM D-1557

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782082E	9271091N	2031MSNM
PROG	: km 14+400	Lado :	Izq.

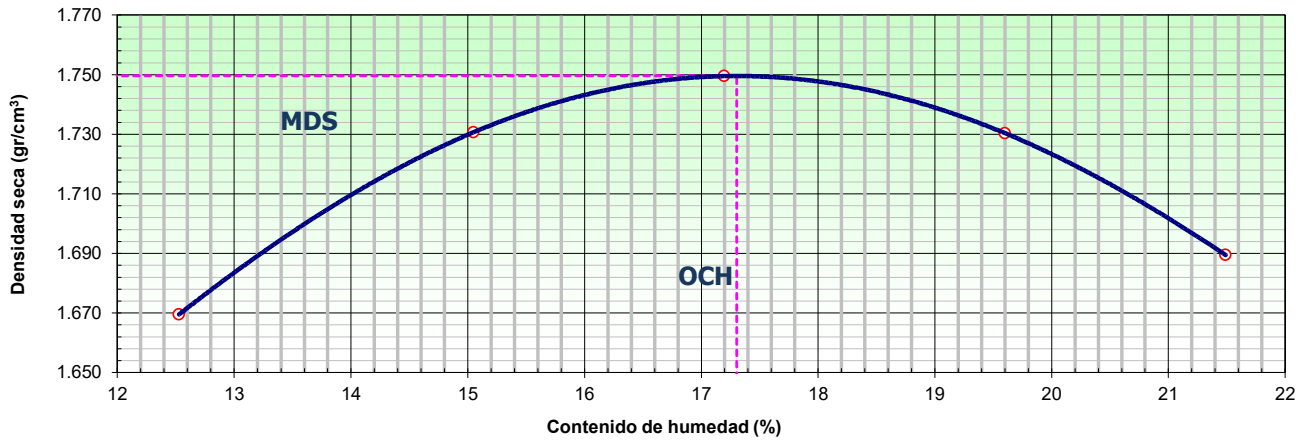
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-02		
MUESTREO	: M - 02	CLASF. (SUCS)	: ML
PROF. (m)	: 1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-4(8)

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5868		5974		6030		6048		6032	
Peso molde	gr	4096		4096		4096		4096		4096	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1772		1878		1934		1952		1936	
Volumen del molde	cm ³	943		943		943		943		943.2	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.879		1.991		2.050		2.069		2.053	
Recipiente N°		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso del suelo húmedo	gr	224.2	225.4	243.8	251.5	223.7	231.2	194.8	207.5	206.0	201.3
Peso del suelo seco	gr	202.3	203.5	215.7	222.0	195.1	201.2	166.8	178.3	174.3	170.6
Tara	gr	28.4	27.8	27.4	27.6	28.1	27.5	25.2	28.0	26.8	27.5
Peso de agua	gr	21.9	21.9	28.1	29.5	28.6	30.0	28.0	29.2	31.8	30.7
Peso del suelo seco	gr	173.9	175.7	188.3	194.4	167.0	173.7	141.6	150.3	147.5	143.1
Contenido de agua	%	12.59	12.46	14.92	15.17	17.13	17.27	19.78	19.43	21.53	21.45
Promedio Contenido de agua	%	12.53		15.05		17.20		19.60		21.49	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.669		1.731		1.750		1.730		1.689	
							Densidad máxima (gr/cm ³)			1.750	
							Humedad óptima (%)			17.3	

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782082E	9271091N	2031MSNM
PROG	: Km 14+400	Lado : lzq.	

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-02		
MUESTREO	: M - 02	CLASF. (SUCS)	: ML
PROF. (m)	: 1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-4 (8)

COMPACTACION

Molde N°	4		13		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8966	9227	8763	9178	8604	8967
Peso de molde (g)	4595	4595	4653	4653	4751	4751
Peso del suelo húmedo (g)	4371	4632	4110	4525	3853	4216
Volumen del molde (cm ³)	2127	2127	2120	2120	2115	2115
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.055	2.178	1.939	2.134	1.822	1.993
Tara (N°)	E-10	A-8	E-7	I-2	E-11	D-5
Peso suelo húmedo	268.4	585.7	317.4	572.3	353.6	587.5
Peso suelo seco	235.4	476.4	276.9	462.9	307.6	471.3
Peso de tara (g)	44.7	54.1	43.9	46.0	42.2	56.4
Peso de agua (g)	33.0	109.3	40.5	109.4	46.0	116.2
Peso de suelo seco (g)	190.8	422.3	233.0	416.9	265.4	414.9
Contenido de humedad (%)	17.31	25.88	17.38	26.24	17.33	27.99
Densidad seca (g/cm ³)	1.752	1.730	1.652	1.691	1.553	1.557

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
03/06/2025	15:12	0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0
04/06/2025	15:12	24	2.41	2.410	2.1	2.80	2.800	2.4	3.41	3.410	3.0
05/06/2025	15:12	48	3.14	3.140	2.7	4.03	4.030	3.5	5.04	5.040	4.4
06/06/2025	15:12	72	3.39	3.390	2.9	4.26	4.260	3.7	5.29	5.290	4.6
07/06/2025	15:12	96	3.74	3.740	3.2	4.86	4.860	4.2	5.54	5.540	4.8

PENETRACION

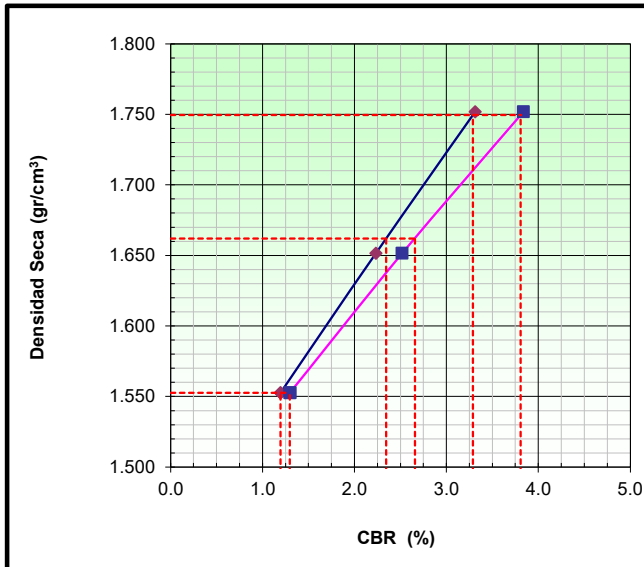
DIAMETRO DEL PISTÓN:			5 cm				ÁREA DEL PISTÓN				19.63 Cm2			
PENETRACION mm		CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR	
			Kg	kg/Cm2	kg	%	Kg	kg/Cm2	kg	%	Kg	kg/Cm2	kg	%
0.00	0.000		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00		
0.64	0.025		12.8	0.65			7.4	0.38			5.4	0.28		
1.27	0.050		21.5	1.10			16.5	0.84			10.7	0.55		
1.91	0.070		34.9	1.78			25.5	1.30			13.7	0.70		
2.54	0.100	70.5	44.8	2.28	2.3	3.3	30.2	1.54	1.6	2.2	17.6	0.90	0.8	1.2
3.18	0.125		54.5	2.78			36.5	1.86			20.2	1.03		
3.81	0.150		64.6	3.29			42.1	2.14			22.2	1.13		
4.45	0.175		71.8	3.66			46.6	2.37			24.6	1.25		
5.08	0.200	105.7	80.1	4.08	4.1	3.8	52.2	2.66	2.7	2.5	26.7	1.36	1.4	1.3
7.62	0.300		103.3	5.26			68.3	3.48			33.5	1.71		
10.16	0.400		121.9	6.21			77.4	3.94			38.1	1.94		
12.70	0.500		137.2	6.99			89.4	4.55			41.5	2.11		

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 782082E	9271091N	2031MSNM	
PROG	: km 14+400			Lado : Izq.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-02			
MUESTREO	: M - 02			CLASF. (SUCS) : ML
PROF. (m)	: 1.50			CLASF. (AASHTO) : A-4 (8)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.750
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.3
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.662

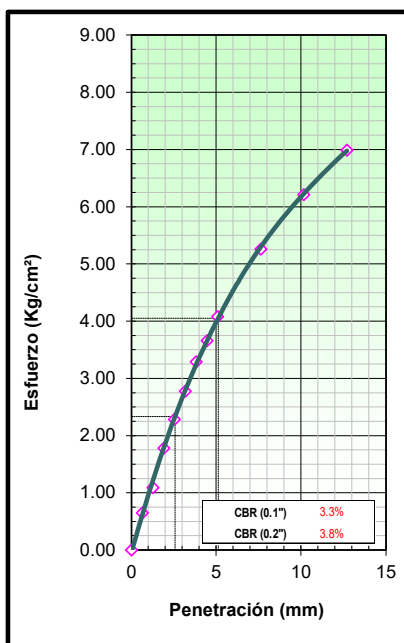
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	3.3	0.2":	3.8
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	2.3	0.2":	2.7

RESULTADOS:

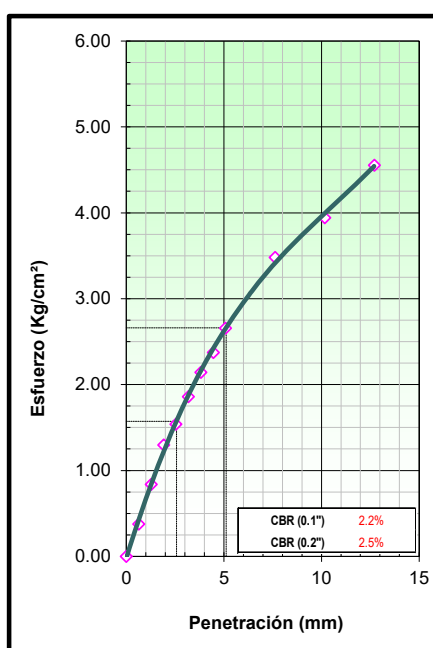
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 3.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 2.3 (%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm3)	Presion Aplicada (0.1")(kg/cm2)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2")(kg/cm2)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.553	0.90	1.19	1.36	1.30
25 GOLPES	1.652	0.92	2.23	2.66	2.52
56 GOLPES	1.752	1.77	3.31	4.08	3.84

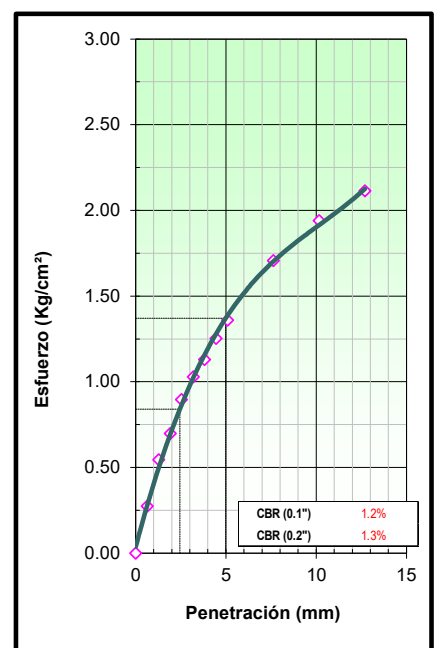
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



HUMEDAD NATURAL

NORMA - ASTM D2216

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 781978.000E	9270482.000N	2073.00MSNM
PROGRESIVA	: km 13+480		Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-03
MUESTREO	: M - 03
PROF. (m)	: 0.00 -1.50

Nº DE ENSAYO	5	6
PESO MATERIAL HUMEDO + TARA	271.5	291.4
PESO MATERIAL SECO	260.1	277.7
PESO DE TARA (gr.)	26.5	28.4
PESO DE AGUA (gr.)	11.4	13.7
PESO MATERIAL SECO (gr.)	233.6	249.3
HUMEDAD NATURAL (%)	4.9	5.5
	5.20	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

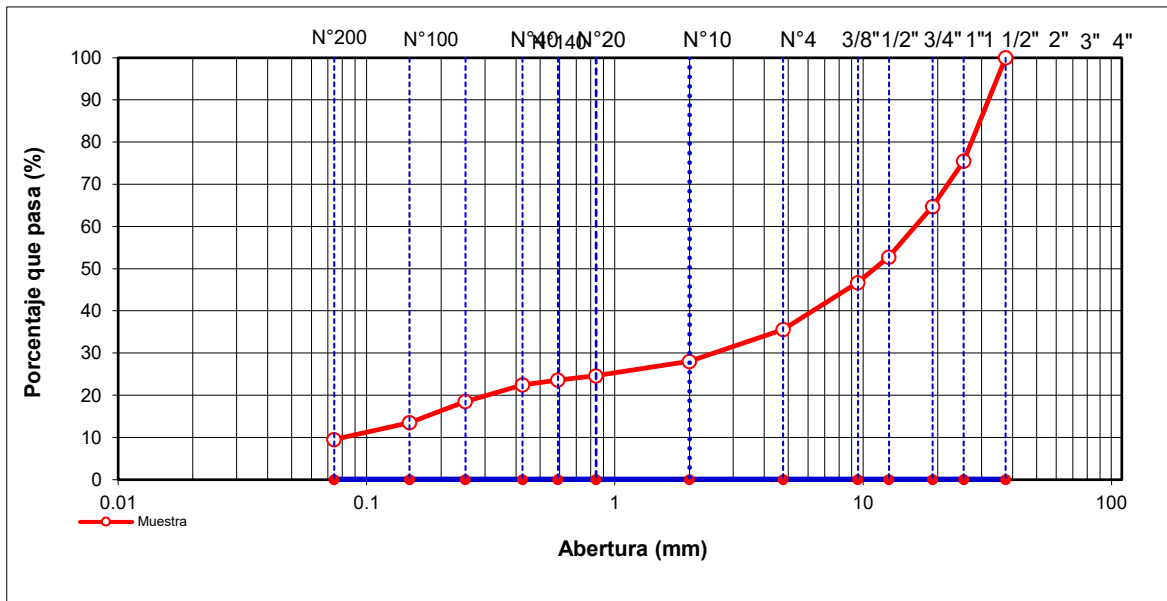
NORMA- ASTM D422

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 781978E	9270482E	2073msnm
PROGRESIVA	: km 13+480		Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: CAL-03	TAMAÑO MAXIMO :	1 1/2"
MUESTREO	: M - 03	Peso inicial seco :	2500.0 g
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	Peso lavado seco:	2278.40 g
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	Fino:	239.3 g

TAMIZ	ABERT ASTMD ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) QUE PASA
1 1/2"	37.500				100.0
1"	25.400	613.2	24.5	24.5	75.5
3/4"	19.050	267.6	10.7	35.2	64.8
1/2"	12.700	300.1	12.0	47.2	52.8
3/8"	9.525	152.0	6.1	53.3	46.7
N° 4	4.760	278.1	11.1	64.4	35.6
N° 10	2.000	188.5	7.5	72.0	28.0
N° 20	0.840	85.3	3.4	75.4	24.6
N° 30	0.590	25.3	1.0	76.4	23.6
N° 40	0.425	28.6	1.1	77.5	22.5
N° 60	0.250	98.6	3.9	81.5	18.5
N° 100	0.149	125.2	5.0	86.5	13.5
N° 200	0.074	99.2	4.0	90.5	9.5
< N° 200	Fondo	239.3	9.6	100.0	

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
NORMA- ASTM D422

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 781978E	9270482N	2073MSNM	
PROGRESIVA	: Km 13+480			Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA				
CALICATA	: CAL-03			TAMANO MAXIMO : N° 40
MUESTREO	: M - 03			
PROF. (m)	: 1.50			

LIMITE LIQUIDO			
Nº TARRO	15	16	17
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	40.10	42.00	42.20
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	38.00	39.80	39.90
PESO DE AGUA (g)	2.10	2.20	2.30
PESO DEL TARRO (g)	26.50	28.30	28.40
PESO DEL SUELO SECO (g)	11.50	11.50	11.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.26	19.13	20.00
NUMERO DE GOLPES	17	13	8

LIMITE PLASTICO		
N° TARRO		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		
PESO DE AGUA (g)		
PESO DEL TARRO (g)		
PESO DEL SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	NP	NP

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	N.P.
LIMITE PLASTICO	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD	N.P.

HUMEDAD NATURAL

NORMA - ASTM D2216

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 781224.000E	9269986.000N	2059.00MSNM	
PROGRESIVA	: km 12+580		Lado : lzq.	

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-04
MUESTREO	: M - 04
PROF. (m)	: 1.50

Nº DE ENSAYO	7	8
PESO MATERIAL HUMEDO +TARA	276.4	267.8
PESO MATERIAL SECO	251.9	245.7
PESO DE TARA (gr.)	26.9	27.4
PESO DE AGUA (gr.)	24.5	22.1
PESO MATERIAL SECO (gr.)	225.0	218.3
HUMEDAD NATURAL (%)	10.9	10.1
	10.5	

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

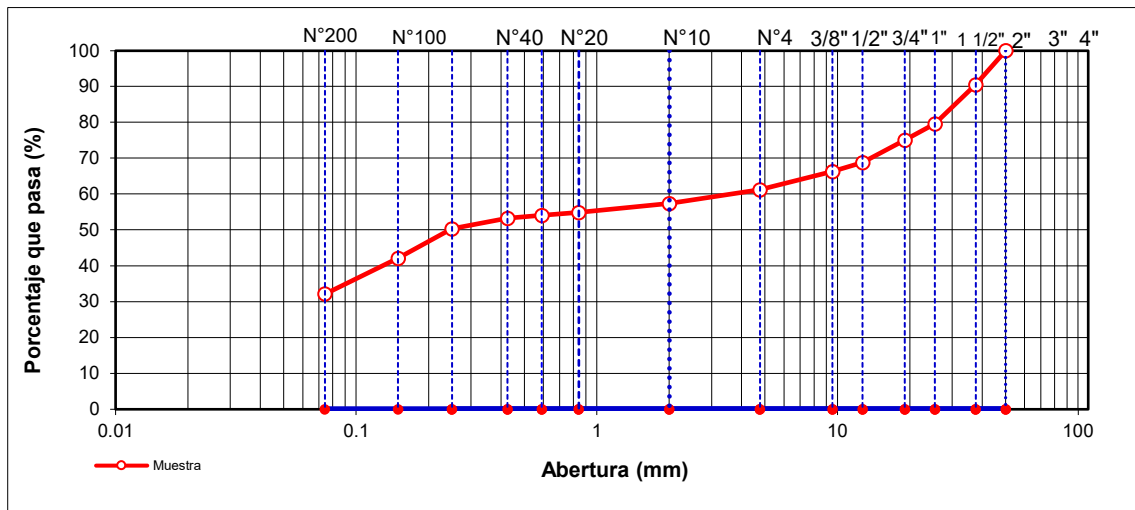
NORMA- ASTM D422

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 781224E	9269986N	2059msnm	
PROGRESIVA	: km 12+580		Lado : lzq.	

DATOS DE LA MUESTRA				
CALICATA	: CAL-04	TAMAÑO MAXIMO	2"	
MUESTREO	: M - 04	Peso inicial seco	3500.0	g
PROF. (m)	1.50 MTS	Peso lavado seco	2411.40	g
		Fino :	1126.0	g

TAMIZ	AASHTO T-27 ABERT. (mm.)	PESO RETENIDO	(%) RETENIDO	(%) RET. ACUM.	(%) QUE PASA
2"	50.000				100.0
1 1/2"	37.500	334.3	9.6	9.6	90.4
1"	25.400	379.7	10.8	20.4	79.6
3/4"	19.050	159.3	4.6	25.0	75.0
1/2"	12.700	220.4	6.3	31.2	68.8
3/8"	9.525	87.2	2.5	33.7	66.3
N° 4	4.760	176.0	5.0	38.8	61.2
N° 10	2.000	135.8	3.9	42.6	57.4
N° 20	0.840	88.3	2.5	45.2	54.8
N° 30	0.590	28.2	0.8	46.0	54.0
N° 40	0.425	27.6	0.8	46.8	53.2
N° 60	0.250	101.7	2.9	49.7	50.3
N° 100	0.149	288.1	8.2	57.9	42.1
N° 200	0.074	347.4	9.9	67.8	32.2
< N° 200	Fondo	1126.0	32.2	100.0	

CURVA GRANULOMETRICA



LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40 **NORMA - ASTM D 4318**

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 781224E	9269986N	2059MSNM	
PROGRESIVA	: Km 12+580			Lado : lzq.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-04	TAMANO MAXIMO : N° 40
MUESTREO	: M - 04	
PROF. (m)	: 1.50	

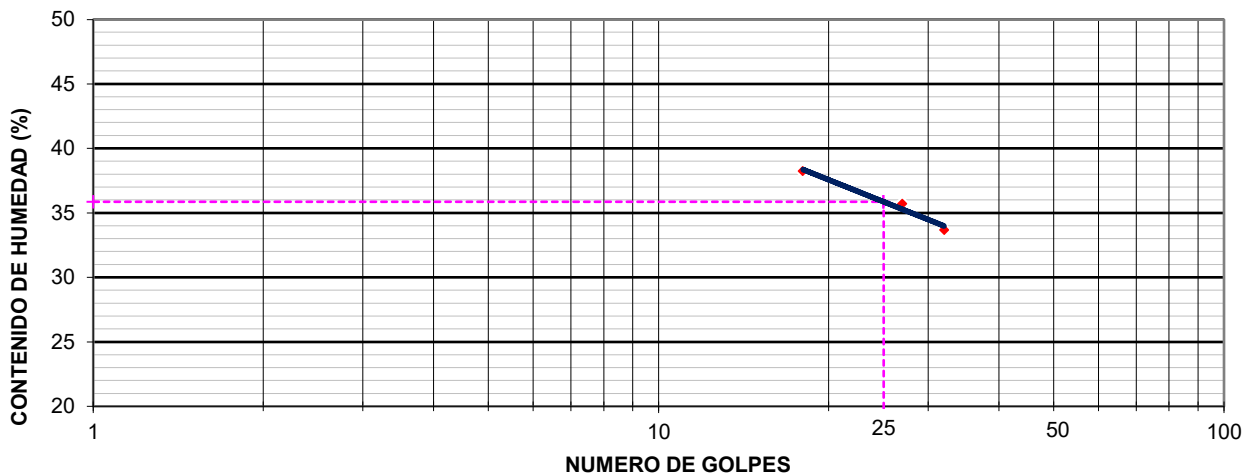
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO	20	21	22
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	39.90	39.30	42.00
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	36.60	35.80	38.10
PESO DE AGUA (g)	3.30	3.50	3.90
PESO DEL TARRO (g)	26.80	26.00	27.90
PESO DEL SUELO SECO (g)	9.80	9.80	10.20
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	33.67	35.71	38.24
NUMERO DE GOLPES	32	27	18

LIMITE PLASTICO

N° TARRO	23	24
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	33.90	31.90
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	33.10	31.10
PESO DE AGUA (g)	0.80	0.80
PESO DEL TARRO (g)	28.51	26.59
PESO DEL SUELO SECO (g)	4.59	4.51
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)	17.43	17.74

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	36
LIMITE PLASTICO	18
INDICE DE PLASTICIDAD	18

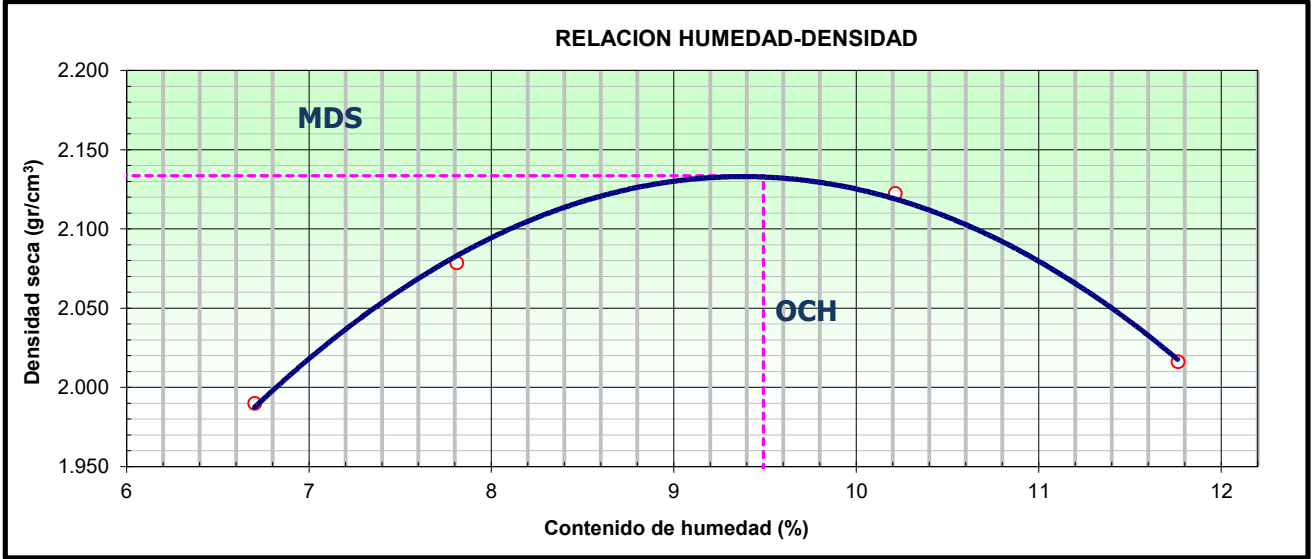
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
NORMA - ASTM D-1557

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 781224E	9269986N	2059MSNM
PROGRESIVA	: km 12+580	Lado :	Izq.

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: CAL-04		
MUESTREO	: M - 04	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6(1)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	10750		10998		11205		11024	
Peso molde	gr	6278		6278		6278		6278	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4472		4720		4927		4746	
Volumen del molde	cm ³	2106		2106		2106		2106	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.123		2.241		2.339		2.253	
Recipiente N°		1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del suelo húmedo	gr	245.1	245.1	232.6	231.7	222.8	228.4	195.5	205.1
Peso del suelo seco	gr	231.4	231.4	217.9	216.7	204.8	209.6	178.2	186.0
Tara	gr	27.2	26.8	25.8	28.4	27.1	27.0	28.2	26.7
Peso de agua	gr	13.7	13.7	14.7	15.0	18.0	18.8	17.3	19.1
Peso del suelo seco	gr	204.2	204.6	192.1	188.3	177.7	182.6	150.0	159.3
Contenido de agua	%	6.71	6.70	7.65	7.97	10.13	10.30	11.53	11.99
Promedio Contenido de agua	%	6.70		7.81		10.21		11.76	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.990		2.079		2.122		2.016	
						Densidad máxima (gr/cm ³)		2.134	
						Humedad óptima (%)		9.5	



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 781224E 9269986N 2059MSNM		
PROGRESIVA	: KM 12+580	Lado : Izq.	

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-04		
MUESTREO	: M - 04	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 - 1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

COMPACTACION

Molde N°	26		14		19	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9774	9918	9367	9587	9454	9757
Peso de molde (g)	4816	4816	4761	4761	5088	5088
Peso del suelo húmedo (g)	4958	5102	4606	4826	4366	4669
Volumen del molde (cm ³)	2125	2125	2106	2106	2120	2120
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.333	2.401	2.187	2.292	2.059	2.202
Tara (N°)	A-3	A-5	D-2	D-1	C-11	D-2
Peso suelo húmedo	385.4	579.7	378.3	582.0	303.5	574.3
Peso suelo seco	356.8	521.6	349.5	517.0	281.8	502.1
Peso de tara (g)	58.00	59.50	56.00	56.40	53.00	56.00
Peso de agua (g)	28.6	58.1	28.9	65.0	21.7	72.2
Peso de suelo seco (g)	298.8	462.1	293.5	460.6	228.8	446.1
Contenido de humedad (%)	9.57	12.58	9.83	14.11	9.50	16.18
Densidad seca (g/cm ³)	2.129	2.133	1.991	2.008	1.881	1.896

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
03/06/2025	15:12	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00
04/06/2025	15:12	24	0.90	0.900	0.78	1.26	1.260	1.09	2.05	2.050	1.77
05/06/2025	15:12	48	2.17	2.170	1.88	1.98	1.980	1.71	2.15	2.150	1.86
06/06/2025	15:12	72	1.19	1.190	1.03	2.10	2.100	1.82	2.19	2.190	1.90
07/06/2025	15:12	96	1.21	1.210	1.05	2.13	2.130	1.84	2.21	2.210	1.91

PENETRACION

DIAMETRO DEL PISTÓN:			5 cm				ÁREA DEL PISTÓN				19.63 Cm2			
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2		MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR	
			Kg	kg/Cm2	kg	%	Kg	kg/Cm2	kg	%	Kg	kg/Cm2	kg	%
0.000	0.000		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00		
0.635	0.025		54.3	2.77			42.8	2.18			39.2	2.00		
1.270	0.050		136.4	6.95			101.3	5.16			74.3	3.79		
1.905	0.070		219.6	11.19			162.7	8.29			99.9	5.09		
2.540	0.100	70.5	296.7	15.11	15.2	21.6	200.2	10.20	10.1	14.3	112.4	5.73	6.0	8.5
3.180	0.125		357.6	18.22			236.7	12.06			140.7	7.17		
3.810	0.150		397.6	20.25			261.4	13.32			152.4	7.76		
4.450	0.175		431.6	21.99			285.9	14.56			168.2	8.57		
5.080	0.200	105.7	465.0	23.69	24.3	23.0	315.8	16.09	16.3	15.4	181.7	9.26	9.4	8.9
7.620	0.300		567.5	28.91			385.3	19.63			223.1	11.37		
10.160	0.400		621.7	31.67			432.0	22.01			248.4	12.65		
12.700	0.500		665.0	33.88			461.2	23.49			267.2	13.61		

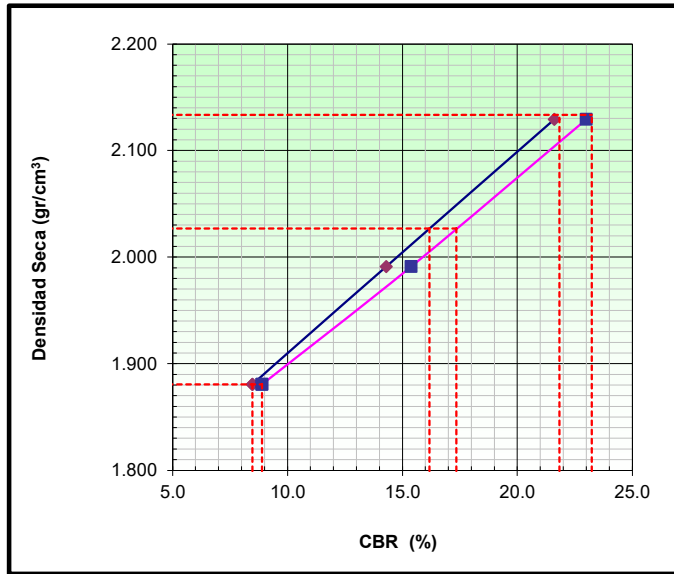
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 781224E	9269986N	2059MSNM	
PROGRESIVA	: km 12+580			Lado : Izq.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-04			
MUESTREO	: M - 04			CLASF. (SUCS) : GC
PROF. (m)	: 1.50			CLASF. (AASHTO) : A-2-6 (1)



METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 2.134
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 9.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 2.027

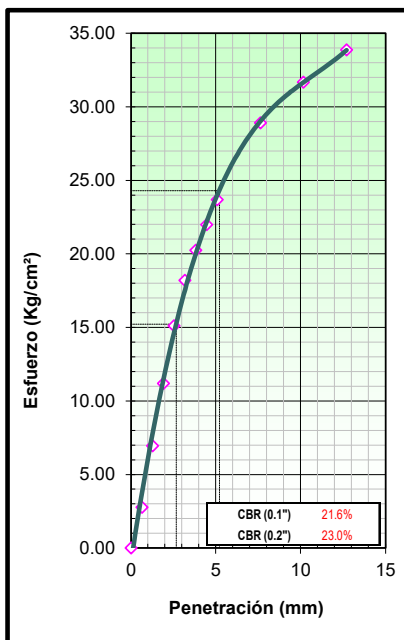
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 21.8	0.2": 23.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 16.2	0.2": 17.3

RESULTADOS:

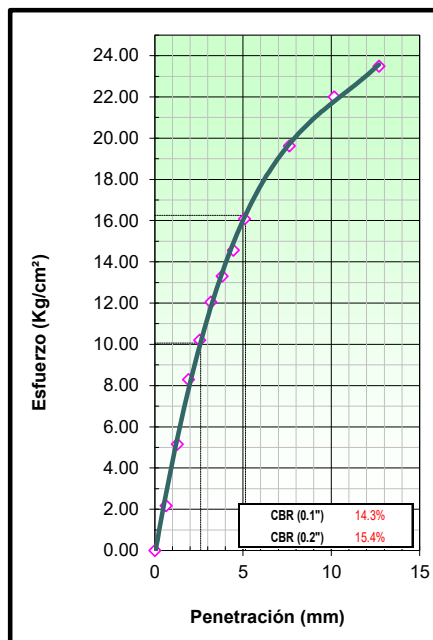
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	21.8 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	16.2 (%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm3)	Presion Aplicada (0.1")(kg/cm2)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2")(kg/cm2)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.881	5.73	8.46	9.26	8.89
25 GOLPES	1.991	10.20	14.29	16.09	15.38
56 GOLPES	2.129	15.11	21.61	23.69	23.00

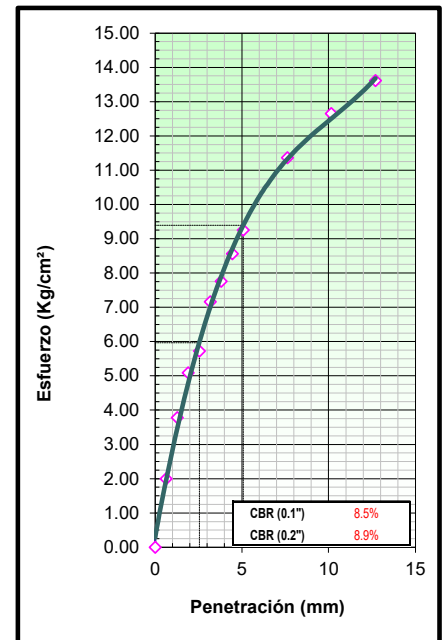
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



ANEXO D: ENSAYOS DE LABORATORIO PROCTOR MODIFICADO SUELO
NATURAL+ADITIVO PROES

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
NORMA - ASTM D-1557

RUTA	: CA-107				
MATERIAL	: Sub Rasante				
UTM	: 782042E	9271564E	1965MSNM		
PROGRESIVA	: km 15+300	Lado	:	Der.	

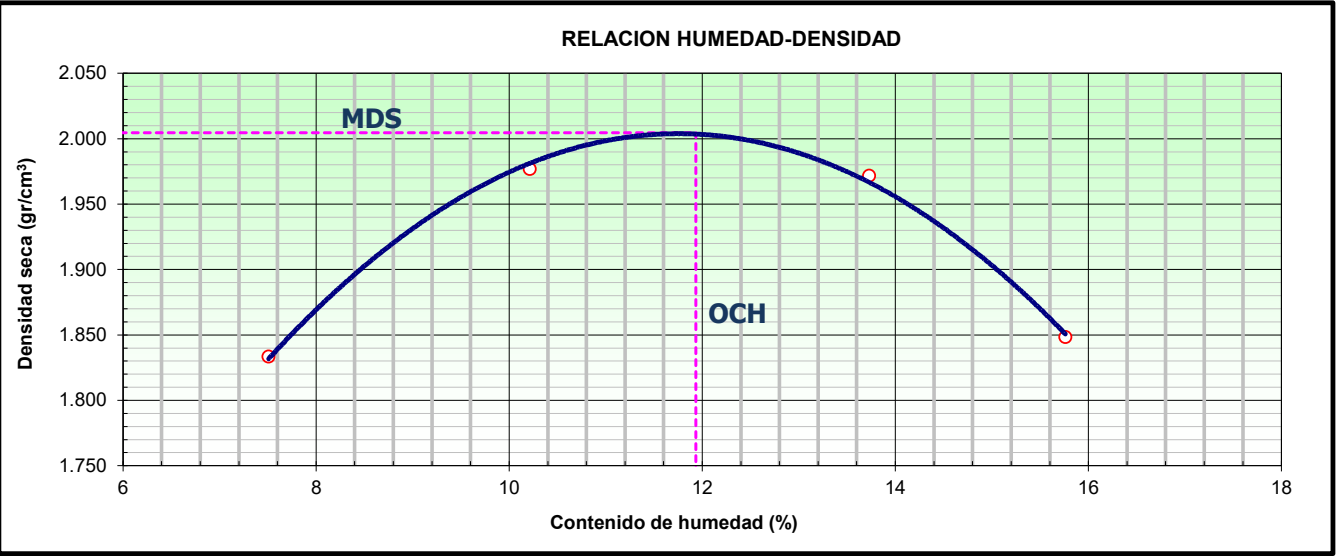
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-01	DOSIFICACION	: 0.25 L/m3
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: CL
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-7-6(15)

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5955	6151	6211	6114				
Peso molde	gr	4096	4096	4096	4096				
Peso suelo húmedo compactado	gr	1859	2055	2115	2018				
Volumen del molde	cm ³	943	943	943	943				
Peso volumétrico húmedo	gr	1.971	2.179	2.242	2.139				
Recipiente N°		1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del suelo húmedo	gr	232.9	225.5	236.2	212.4	234.9	232.2	223.4	226.7
Peso del suelo seco	gr	219.3	213.1	218.7	197.0	212.4	210.0	199.2	202.2
Tara	gr	37.4	48.6	46.1	47.3	50.4	46.4	44.5	48.2
Peso de agua	gr	13.6	12.4	17.5	15.4	22.5	22.2	24.2	24.5
Peso del suelo seco	gr	181.9	164.5	172.6	149.7	162.0	163.6	154.7	154.0
Contenido de agua	%	7.48	7.54	10.14	10.29	13.89	13.57	15.61	15.91
Contenido de agua promedio	%	7.51	10.21	13.73	15.76				
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.833	1.977	1.972	1.848				

Densidad máxima (gr/cm³)	2.005
Humedad óptima (%)	11.93



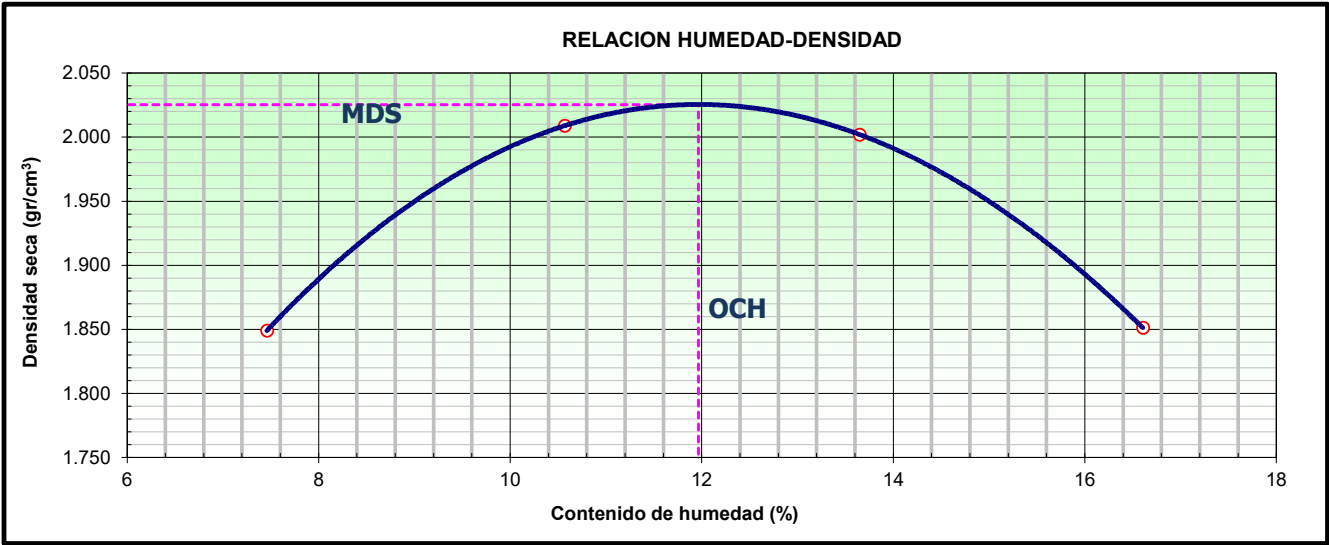
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
NORMA - ASTM D-1557

Table with 2 columns: Field Name and Value. Fields include RUTA (CA-107), MATERIAL (Sub Rasante), UTM (782042E, 9271564E, 1965MSNM), and PROGRESIVA (km 15+300, Lado: Der.).

DATOS DE LA MUESTRA

Table with 2 columns: Field Name and Value. Fields include CALICATA (CAL-01), MUESTREO (M - 01), PROF. (m) (0.00 -1.50), DOSIFICACION (0.30 L/m3), CLASF. (SUCS) (CL), and CLASF. (AASHTO) (A-7-6(15)).

Table with 2 columns: Field Name and Value. Fields include METODO DE COMPACTACION (A), and a large table of weights and densities for different soil samples and moisture levels. Includes fields like 'Peso suelo + molde', 'Peso molde', 'Peso suelo húmedo compactado', etc., and summary values for 'Densidad máxima' and 'Humedad óptima'.



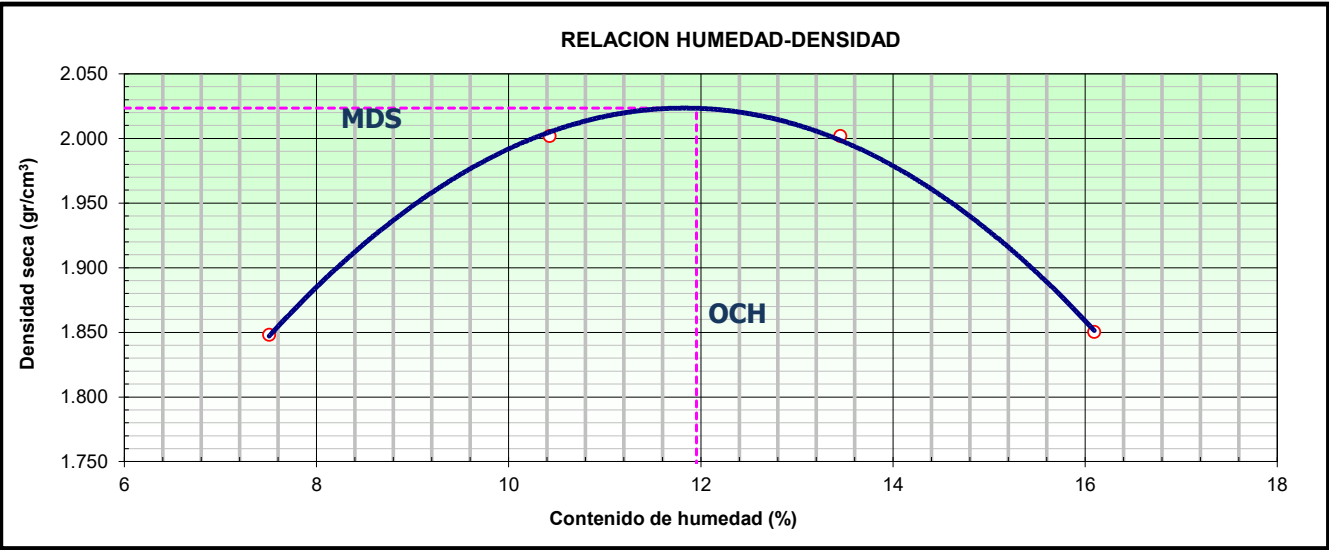
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
NORMA - ASTM D-1557

RUTA	: CA-107				
MATERIAL	: Sub Rasante				
UTM	: 782042E	9271564E	1965MSNM		
PROGRESIVA	: km 15+300	Lado	:	Der.	

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-01	DOSIFICACION	: 0.35 L/m3
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: CL
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-7-6(15)

METODO DE COMPACTACION	:	A							
Peso suelo + molde	gr	5970	6181	6238	6122				
Peso molde	gr	4096	4096	4096	4096				
Peso suelo húmedo compactado	gr	1874	2085	2142	2026				
Volumen del molde	cm³	943	943	943	943				
Peso volumétrico húmedo	gr	1.987	2.210	2.271	2.148				
Recipiente N°		17	18	19	20	21	22	23	24
Peso del suelo húmedo	gr	243.4	238.4	266.8	242.4	241.5	221.8	233.2	246.1
Peso del suelo seco	gr	230.3	225.4	247.2	224.7	219.7	202.1	208.0	220.5
Tara	gr	53.1	54.1	56.3	57.5	56.8	56.4	54.5	58.2
Peso de agua	gr	13.1	13.1	19.6	17.7	21.8	19.7	25.2	25.6
Peso del suelo seco	gr	177.2	171.3	190.9	167.2	162.9	145.7	153.5	162.3
Contenido de agua	%	7.39	7.62	10.27	10.59	13.38	13.52	16.42	15.77
Contenido de agua promedio	%	7.51	10.43	13.45	16.10				
Peso volumétrico seco	gr/cm³	1.848	2.002	2.002	1.850				
Densidad máxima (gr/cm³)								2.023	
Humedad óptima (%)								11.95	



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
NORMA - ASTM D-1557

RUTA : CA-107
MATERIAL : Sub Rasante
UTM : 782082E 9271091E 2031.00MSNM
PROGRESIVA : km 14+400 Lado : Der.

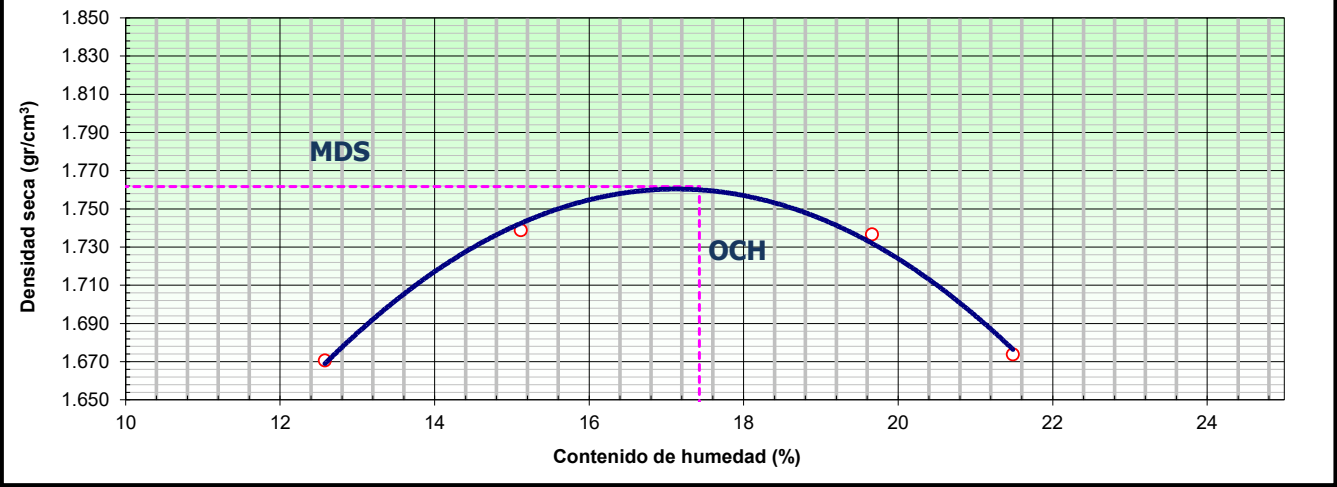
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : CAL-02 DOSIFICACION : 0.25 L/m3
MUESTREO : M - 02 CLASF. (SUCS) : CL
PROF. (m) : 0.00 -1.50 CLASF. (AASHTO) : A-7-6(15)

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5870		5984		6056		6014	
Peso molde	gr	4096		4096		4096		4096	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1774		1888		1960		1918	
Volumen del molde	cm ³	943		943		943		943	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.881		2.002		2.078		2.033	
Recipiente N°		1	2	3	4	5	6	7	8
Peso del suelo húmedo	gr	224.5	235.6	243.3	241.5	244.7	247.8	236.4	230.1
Peso del suelo seco	gr	203.8	214.5	217.3	216.1	212.4	215.1	202.6	197.8
Tara	gr	37.4	48.6	46.1	47.3	50.4	46.4	44.5	48.2
Peso de agua	gr	20.7	21.1	26.0	25.4	32.3	32.7	33.8	32.3
Peso del suelo seco	gr	166.4	165.9	171.2	168.8	162.0	168.7	158.1	149.6
Contenido de agua	%	12.44	12.72	15.19	15.05	19.94	19.38	21.38	21.59
Contenido de agua promedio	%	12.58		15.12		19.66		21.48	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.671		1.739		1.737		1.674	
						Densidad máxima (gr/cm ³)			1.762
						Humedad óptima (%)			17.43

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
NORMA - ASTM D-1557

RUTA : CA-107
MATERIAL : Sub Rasante
UTM : 782042E 782082E 9271091E 2031.00MSNM
PROGRESIVA : km 14+400 Lado : Der.

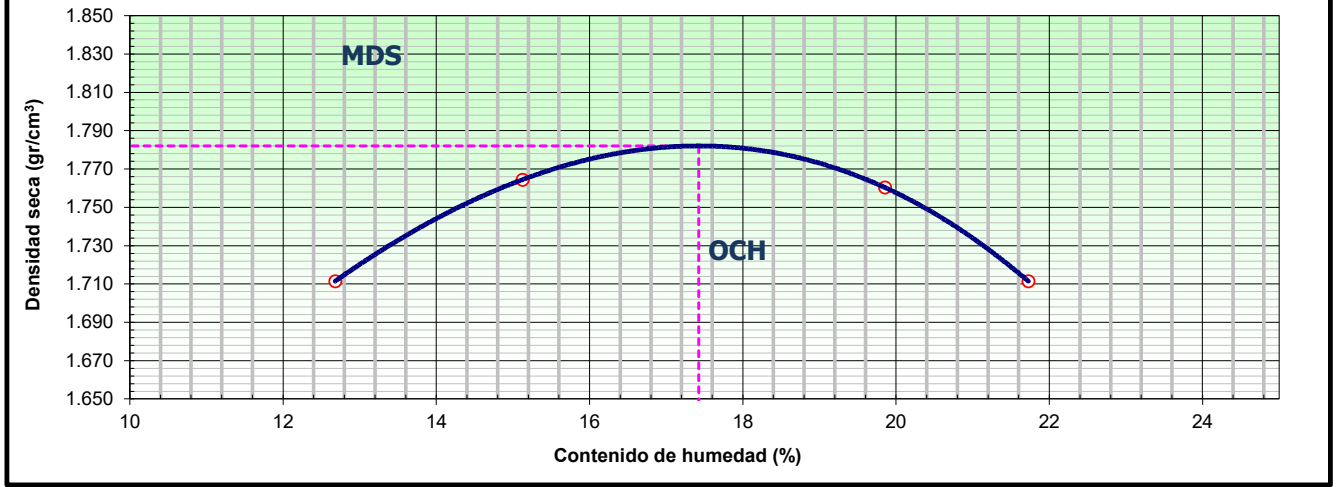
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : CAL-02 DOSIFICACION : 0.30 L/m3
MUESTREO : M - 02 CLASF. (SUCS) : CL
PROF. (m) : 0.00 -1.50 CLASF. (AASHTO) : A-7-6(15)

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5915		6012		6086		6061	
Peso molde	gr	4096		4096		4096		4096	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1819		1916		1990		1965	
Volumen del molde	cm ³	943		943		943		943	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.928		2.031		2.110		2.083	
Recipiente N°		9	10	11	12	13	14	15	16
Peso del suelo húmedo	gr	253.7	241.2	232.7	251.8	257.5	243.7	242.4	244.6
Peso del suelo seco	gr	231.5	219.8	209.5	226.3	223.8	213.1	209.3	210.9
Tara	gr	53.1	54.1	56.3	57.5	56.8	56.4	54.5	58.2
Peso de agua	gr	22.2	21.4	23.2	25.5	33.7	30.6	33.1	33.7
Peso del suelo seco	gr	178.4	165.7	153.2	168.8	167.0	156.7	154.8	152.7
Contenido de agua	%	12.44	12.91	15.14	15.11	20.18	19.53	21.38	22.07
Contenido de agua promedio	%	12.68		15.13		19.85		21.73	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.711		1.764		1.760		1.711	
						Densidad máxima (gr/cm ³)			1.782
						Humedad óptima (%)			17.42

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
NORMA - ASTM D-1557

RUTA : CA-107
MATERIAL : Sub Rasante
UTM : 782082E 9271091E 2031.00MSNM
PROGRESIVA : km 14+400 Lado : lzq

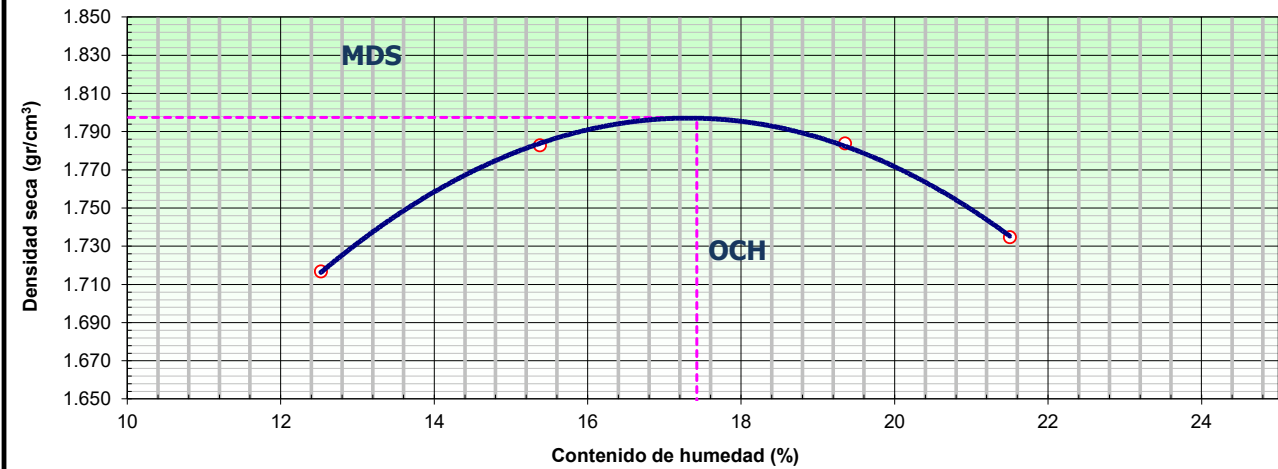
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : CAL-02 DOSIFICACION : 0.35 L/m3
MUESTREO : M - 02 CLASF. (SUCS) : CL
PROF. (m) : 0.00 -1.50 CLASF. (AASHTO) : A-7-6(15)

METODO DE COMPACTACION : A

Peso suelo + molde	gr	5918		6036		6104		6084	
Peso molde	gr	4096		4096		4096		4096	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1822		1940		2008		1988	
Volumen del molde	cm ³	943		943		943		943	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.932		2.057		2.129		2.108	
Recipiente N°		17	18	19	20	21	22	23	24
Peso del suelo húmedo	gr	254.4	245.4	263.1	241.5	254.8	227.6	236.0	220.8
Peso del suelo seco	gr	231.8	224.3	235.3	217.2	222.4	200.1	204.3	191.7
Tara	gr	53.1	54.1	56.3	57.5	56.8	56.4	54.5	58.2
Peso de agua	gr	22.6	21.1	27.8	24.3	32.4	27.5	31.8	29.1
Peso del suelo seco	gr	178.7	170.2	179.0	159.7	165.6	143.7	149.8	133.5
Contenido de agua	%	12.65	12.40	15.53	15.22	19.57	19.14	21.20	21.80
Contenido de agua promedio	%	12.52		15.37		19.35		21.50	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.717		1.783		1.784		1.735	
						Densidad máxima (gr/cm ³)			1.797
						Humedad óptima (%)			17.42

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



ANEXO E: ENSAYOS DE LABORATORIO DE CBR SUELO NATURAL + ADITIVO
PROES

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107
MATERIAL	: Sub Rasante
UTM	: 782042E 9271564N 1965MSNM
PROGRESIVA	: Km 15+300 Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA CON ADITIVO

CALICATA	: CAL-01	DOSICACION ADITIVO PROES	: 0.25 L/m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: CL
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-7-6 (14)

COMPACTACION

Molde N°	19		18		9	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9858	9931	9241	9480	9045	9314
Peso de molde (g)	5088	5088	4758	4758	4692	4692
Peso del suelo húmedo (g)	4770	4843	4483	4722	4353	4622
Volumen del molde (cm³)	2120	2120	2092	2092	2129	2129
Densidad húmeda (g/cm³)	2.250	2.284	2.143	2.257	2.045	2.171
Tara (N°)	D - 2	C-10	C-15	G-12	E - 5	A-3
Peso suelo húmedo	369.8	589.5	367.2	583.7	364.7	592.4
Peso suelo seco	336.4	518.4	334.4	505.1	330.8	508.9
Peso de tara (g)	56.0	55.8	57.7	52.2	47.0	55.8
Peso de agua (g)	33.4	71.1	32.8	78.6	33.9	83.5
Peso de suelo seco (g)	280.4	462.6	276.8	452.9	283.8	453.1
Contenido de humedad (%)	11.91	15.36	11.85	17.35	11.94	18.43
Densidad seca (g/cm³)	2.011	1.980	1.916	1.923	1.826	1.833

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/06/2025	9:05	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/06/2025	9:05	24	1.96	1.960	1.68	1.79	1.79	1.54	3.85	3.85	3.29
16/06/2025	9:05	48	2.13	2.130	1.83	2.94	2.94	2.53	4.17	4.17	3.56
17/06/2025	9:05	72	2.53	2.530	2.17	3.21	3.21	2.76	4.20	4.20	3.59
18/06/2025	9:05	96	2.83	2.830	2.43	3.53	3.53	3.04	4.33	4.33	3.70

PENETRACION

DIAMETRO DEL PISTÓN: 5 Cm ÁREA DEL PISTÓN: 19.63 cm²

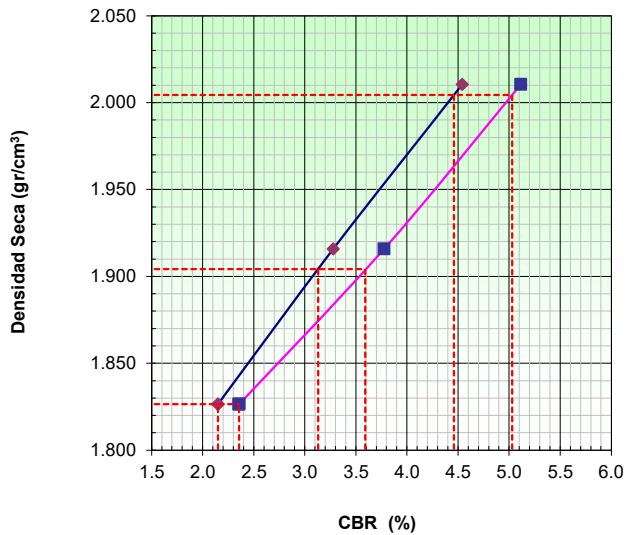
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	PRESIÓN 56 GOLPES				PRESIÓN 25 GOLPES				PRESIÓN 10 GOLPES			
		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR	
		Kg	Kg/cm²	kg	%	Kg	Kg/cm²	kg	%	Kg	Kg/cm²	kg	%
0.00	0.000	0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.0		
0.64	0.025	17.5	0.89			13.0	0.66			9.1	0.5		
1.27	0.050	35.3	1.80			27.7	1.41			16.4	0.8		
1.91	0.070	51.0	2.60			36.2	1.84			23.9	1.2		
2.54	0.100	70.5	3.34	3.20	4.54	42.9	2.19	2.3	3.28	31.2	1.6	1.5	2.15
3.18	0.125		3.87			56.0	2.85			34.6	1.8		
3.81	0.150		4.27			63.7	3.25			38.9	2.0		
4.45	0.175		4.81			72.8	3.71			42.6	2.2		
5.08	0.200	105.7	5.42	5.4	5.11	77.2	3.93	4.0	3.78	52.8	2.7	2.5	2.36
7.62	0.300		6.94			103.1	5.25			60.7	3.1		
10.16	0.400		8.17			120.8	6.15			68.0	3.5		
12.70	0.500		9.10			136.8	6.97			75.3	3.8		

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMA - ASTM D 1883

RUTA : CA-107
MATERIAL : Sub Rasante
UTM : 782042E 9271564N 1965MSNM
PROGRESIVA : km 00+000 Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : CAL-01 DOSIFICACION ADITIVO PROES : 0.25 L/m³
MUESTREO : M - 01 CLASF. (SUCS) : CL
PROF. (m) : 0.00 -1.50 CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.005
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.93
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.904

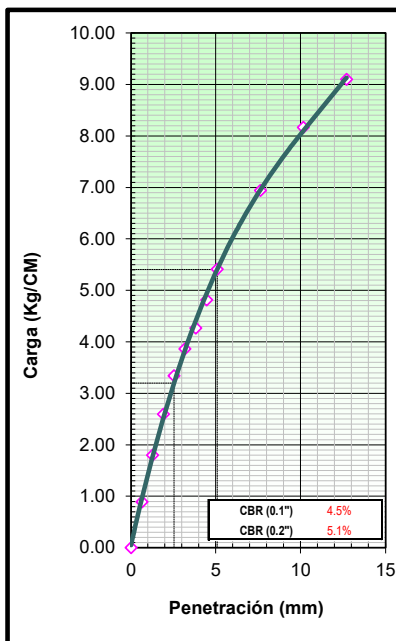
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	4.5	0.2":	5.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	3.1	0.2":	3.6

RESULTADOS:

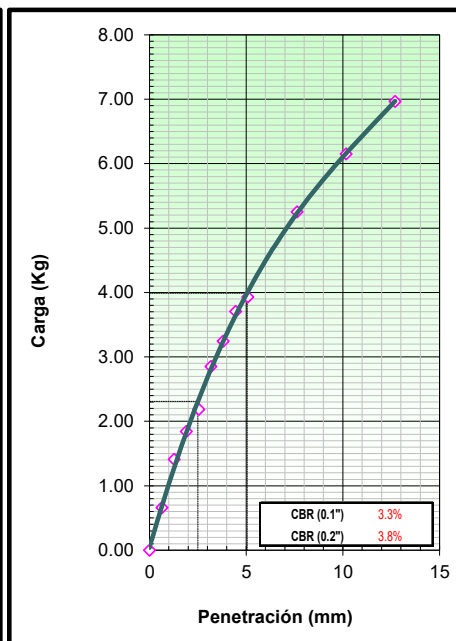
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 4.5 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 3.1 (%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm3)	Presion Aplicada (0.1")(kg/cm2)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2")(kg/cm2)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.826	1.59	2.15	2.69	2.36
25 GOLPES	1.916	2.19	3.28	3.93	3.78
56 GOLPES	2.011	3.34	4.54	5.42	5.11

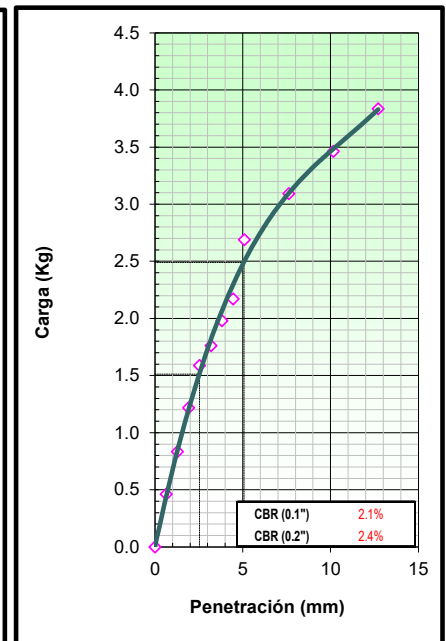
EC = 56 GOLPES



EC = 25GOLPES



EC = 10 GOLPES



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782042E 9271564N	1965MSNM	
PROGRESIVA	: Km 15+300	Lado : Der.	

DATOS DE LA MUESTRA CON ADITIVO

CALICATA	: CAL-01	DOSIFICACION ADITIVO PROES	: 0.30 L/m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: CL
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-7-6 (14)

COMPACTACION

Molde N°	14		7		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9564	9658	9305	9510	9524	9822
Peso de molde (g)	4761	4761	4751	4751	5111	5111
Peso del suelo húmedo (g)	4803	4897	4554	4759	4413	4711
Volumen del molde (cm³)	2106	2106	2115	2115	2161	2161
Densidad húmeda (g/cm³)	2.281	2.325	2.153	2.250	2.042	2.180
Tara (N°)	A-12	D-6	A-3	E-11	A-5	C-12
Peso suelo húmedo	357.4	575.6	349.1	580.2	368.3	577.0
Peso suelo seco	325.5	501.5	318.0	502.1	335.4	492.6
Peso de tara (g)	58.0	55.4	58.4	42.3	59.5	51.8
Peso de agua (g)	31.9	74.1	31.1	78.1	32.9	84.4
Peso de suelo seco (g)	267.5	446.1	259.6	459.8	275.9	440.8
Contenido de humedad (%)	11.93	16.62	11.98	16.99	11.92	19.14
Densidad seca (g/cm³)	2.038	1.994	1.923	1.923	1.825	1.830

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/06/2025	9:05	0	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15/06/2025	9:05	24	1.90	1.900	1.64	1.97	1.97	1.69	2.93	2.93	2.47
16/06/2025	9:05	48	2.17	2.170	1.87	2.94	2.94	2.52	4.04	4.04	3.40
17/06/2025	9:05	72	2.64	2.640	2.27	3.21	3.21	2.75	4.06	4.06	3.42
18/06/2025	9:05	96	2.96	2.960	2.55	3.33	3.33	2.85	4.11	4.11	3.46

PENETRACION

DIAMETRO DEL PISTÓN: 5 Cm ÁREA DEL PISTÓN: 19.63 cm²

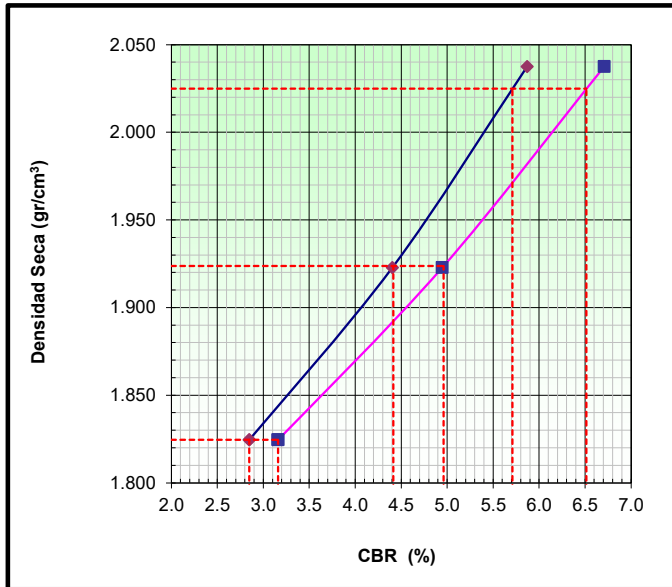
PENETRACION mm		CARGA STAND. kg/cm2	PRESIÓN 56 GOLPES				PRESIÓN 25 GOLPES				PRESIÓN 10 GOLPES			
			CARGA	ESFUERZO	CORRECCION		CARGA	ESFUERZO	CORRECCION		CARGA	ESFUERZO	CORRECCION	
			Kg	Kg/cm2	kg	%	Kg	Kg/cm2	kg	%	Kg	Kg/cm2	kg	%
0.00	0.000		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.0		
0.64	0.025		26.4	1.34			19.8	1.01			13.9	0.7		
1.27	0.050		44.1	2.25			33.4	1.70			22.5	1.1		
1.91	0.070		61.4	3.13			47.4	2.41			32.6	1.7		
2.54	0.100	70.5	81.1	4.13	4.13	5.87	60.5	3.08	3.1	4.40	42.5	2.2	2.0	2.84
3.18	0.125		98.8	5.03			71.5	3.64			47.2	2.4		
3.81	0.150		113.9	5.80			85.7	4.37			53.6	2.7		
4.45	0.175		129.0	6.57			94.6	4.82			59.8	3.0		
5.08	0.200	105.7	139.2	7.09	7.1	6.71	103.6	5.28	5.2	4.95	65.6	3.3	3.3	3.16
7.62	0.300		179.5	9.14			130.9	6.67			84.1	4.3		
10.16	0.400		213.3	10.87			151.2	7.70			95.4	4.9		
12.70	0.500		240.7	12.26			170.5	8.69			106.6	5.4		

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782042E	9271564N	1965MSNM
PROGRESIVA	: km 15+300		Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-01	DOSIFICACION ADITIVO PROES	: 0.30 L/m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: CL
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-7-6 (14)



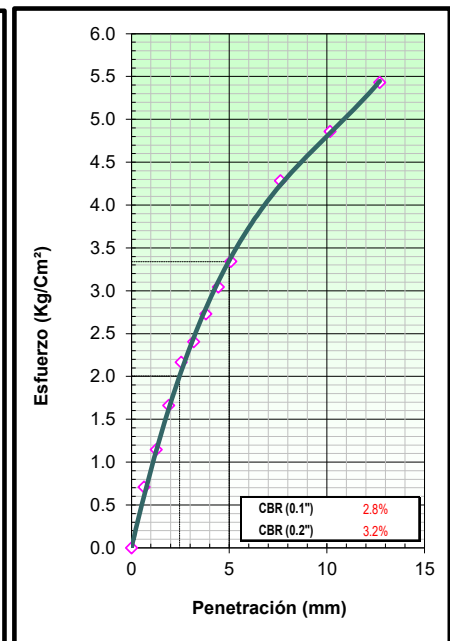
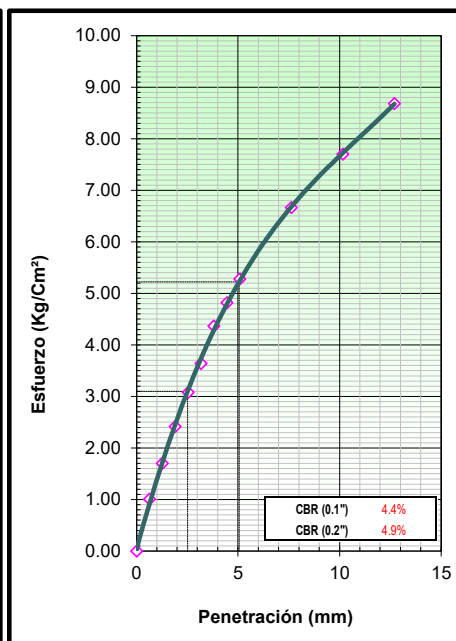
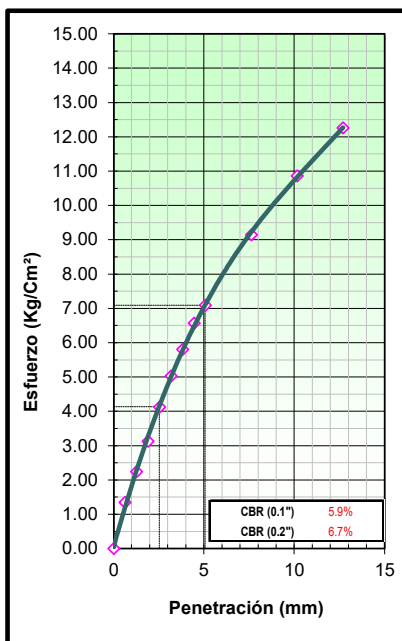
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.025
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.95
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.924

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	5.7	0.2":	6.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	4.4	0.2":	5.0

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 5.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.4 (%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm³)	Presion Aplicada (0.1")(kg/cm²)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2")(kg/cm²)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.825	2.17	2.84	3.34	3.16
25 GOLPES	1.923	3.08	4.40	5.28	4.95
56 GOLPES	2.038	4.13	5.87	7.09	6.71



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107		
MATERIAL	: Sub Rasante		
UTM	: 782042E 9271564N	1965MSNM	
PROGRESIVA	: Km 15+300	Lado : Der.	

DATOS DE LA MUESTRA CON ADITIVO

CALICATA	: CAL-01	DOSICACION ADITIVO PROES	: 0.35L /m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: CL
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-7-6 (14)

COMPACTACION

Molde N°	26		4		8	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9647	9797	9131	9366	9011	9267
Peso de molde (g)	4816	4816	4595	4595	4689	4689
Peso del suelo húmedo (g)	4831	4981	4536	4771	4322	4578
Volumen del molde (cm³)	2125	2125	2127	2127	2106	2106
Densidad húmeda (g/cm³)	2.273	2.344	2.133	2.243	2.052	2.174
Tara (N°)	D-1	C-11	A-8	D-7	D-5	J-4
Peso suelo húmedo	364.7	593.3	371.4	573.4	360.1	584.2
Peso suelo seco	331.8	519.1	337.5	497.0	327.8	502.7
Peso de tara (g)	56.3	53.11	54.10	57.51	56.4	56.80
Peso de agua (g)	32.9	74.2	33.9	76.4	32.3	81.5
Peso de suelo seco (g)	275.5	466.0	283.4	439.5	271.4	445.9
Contenido de humedad (%)	11.94	15.92	11.96	17.39	11.90	18.28
Densidad seca (g/cm³)	2.031	2.022	1.905	1.911	1.834	1.838

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/06/2025	9:05	0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0
15/06/2025	9:05	24	1.29	1.290	1.1	1.66	1.660	1.4	3.78	3.780	3.3
16/06/2025	9:05	48	2.32	2.320	2.0	2.69	2.690	2.3	4.01	4.010	3.5
17/06/2025	9:05	72	2.72	2.720	2.3	3.12	3.120	2.7	4.10	4.100	3.5
18/06/2025	9:05	96	2.78	2.780	2.4	3.24	3.240	2.8	4.14	4.140	3.6

PENETRACION

DIAMETRO DEL PISTÓN: 5 Cm ÁREA DEL PISTÓN: 19.63 cm²

PENETRACION mm		CARGA STAND. kg/cm2	PRESIÓN 56 GOLPES				PRESIÓN 25 GOLPES				PRESIÓN 10 GOLPES			
			CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR	
			Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	%	Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	%	Kg	Kg/cm2	Kg/cm2	%
0.00	0.000		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.0		
0.64	0.025		40.5	2.06			24.5	1.25			19.0	1.0		
1.27	0.050		61.5	3.13			39.4	2.01			33.2	1.7		
1.91	0.070		83.5	4.25			54.8	2.79			43.4	2.2		
2.54	0.100	70.5	105.4	5.37	5.32	7.55	68.8	3.50	3.6	5.07	53.3	2.7	2.8	3.95
3.18	0.125		125.8	6.41			85.7	4.37			63.4	3.2		
3.81	0.150		137.3	6.99			97.8	4.98			72.8	3.7		
4.45	0.175		152.7	7.78			105.8	5.39			80.9	4.1		
5.08	0.200	105.7	170.2	8.67	8.6	8.17	115.7	5.89	6.0	5.66	90.2	4.6	4.5	4.25
7.62	0.300		210.9	10.74			149.6	7.62			107.2	5.5		
10.16	0.400		242.5	12.35			175.5	8.94			120.5	6.1		
12.70	0.500		264.3	13.46			195.3	9.95			128.3	6.5		

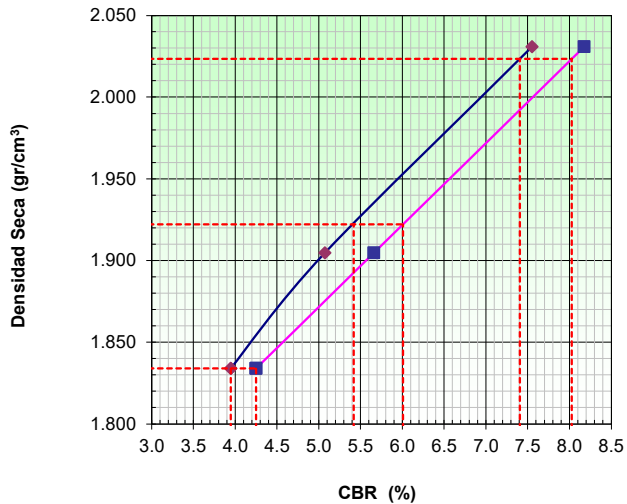
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMA - ASTM D 1883

RUTA : CA-107
 MATERIAL : Sub Rasante
 UTM : 782042.000E 9271564.000N 1965MSNM
 PROGRESIVA : km 15+300 Lado : Der.

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : CAL-01 DOSIFICACION ADITIVO PROES : 0.35L/m³
 MUESTREO : M - 01 CLASF. (SUCS) : CL
 PROF. (m) : 0.00 -1.50 CLASF. (AASHTO) : A-7-6 (14)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.023
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.95
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.922

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	7.4	0.2":	8.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	5.4	0.2":	6.0

RESULTADOS:

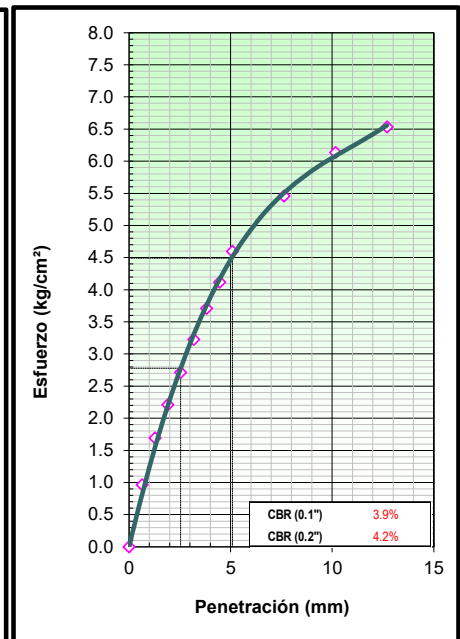
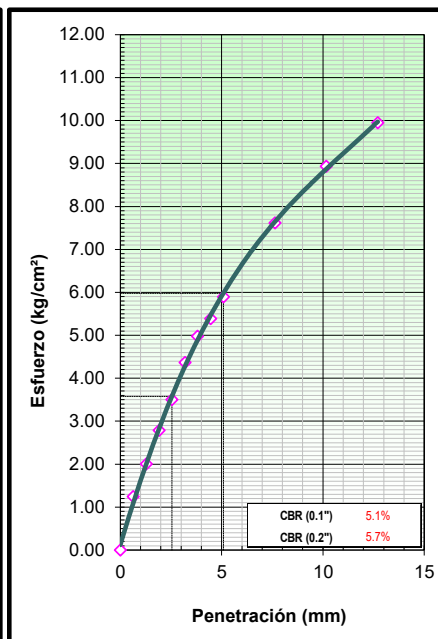
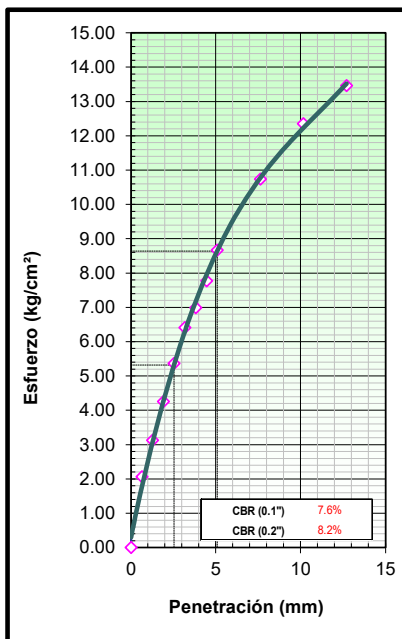
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 7.4 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.4 (%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm³)	Presion Aplicada (0.1")(kg/cm²)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2")(kg/cm²)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.834	2.72	3.95	4.60	4.25
25 GOLPES	1.905	3.50	5.07	5.89	5.66
56 GOLPES	2.031	5.37	7.55	8.67	8.17

EC = 56 GOLPES

EC = 25GOLPES

EC = 10 GOLPES



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107
MATERIAL	: Sub Rasante
UTM	: 782082E 9271091N 2031 m.s.n.m
PROGRESIVA	: Km 14+400 Lado : lzqu

DATOS DE LA MUESTRA CON ADITIVO

CALICATA	: CAL-02	DOSICACION ADITIVO PROES	: 0.25 L/m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: ML
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-4 (8)

COMPACTACION

Molde N°	10		3		13	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9120	9271	9305	9581	8578	8898
Peso de molde (g)	4696	4696	5111	5111	4653	4653
Peso del suelo húmedo (g)	4424	4575	4194	4470	3925	4245
Volumen del molde (cm³)	2126	2126	2161	2161	2120	2120
Densidad húmeda (g/cm³)	2.081	2.152	1.941	2.068	1.851	2.002
Tara (N°)	D-1	C-12	D-5	A-9	D-10	C-15
Peso suelo húmedo	295.2	565.3	304.6	580.5	284.2	577.0
Peso suelo seco	259.7	472.9	267.7	479.1	250.4	469.8
Peso de tara (g)	56.3	52.2	56.4	58.0	56.4	57.7
Peso de agua (g)	35.5	92.4	36.9	101.4	33.8	107.2
Peso de suelo seco (g)	203.4	420.7	211.3	421.1	194.0	412.1
Contenido de humedad (%)	17.45	21.96	17.46	24.08	17.42	26.02
Densidad seca (g/cm³)	1.772	1.765	1.652	1.667	1.577	1.589

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/06/2025	9:05	0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0
11/06/2025	9:05	24	2.40	2.400	2.1	2.98	2.980	2.5	3.65	3.650	3.1
12/06/2025	9:05	48	3.28	3.280	2.8	3.61	3.610	3.0	4.52	4.520	3.9
13/06/2025	9:05	72	3.44	3.440	2.9	4.21	4.210	3.5	4.78	4.780	4.1
14/06/2025	9:05	96	3.69	3.690	3.2	4.30	4.300	3.6	4.82	4.820	4.1

PENETRACION

DIAMETRO DEL PISTÓN: 5 Cm ÁREA DEL PISTÓN: 19.63 cm²

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	PRESIÓN 56 GOLPES				PRESIÓN 25 GOLPES				PRESIÓN 10 GOLPES			
		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR	
		Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	%
0.00	0.000	0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.0		
0.64	0.025	16.9	0.86			14.1	0.72			13.3	0.7		
1.27	0.050	27.7	1.41			24.9	1.27			23.5	1.2		
1.91	0.070	41.9	2.13			37.2	1.90			34.1	1.7		
2.54	0.100	57.5	2.93	3.10	4.40	46.6	2.37	2.6	3.66	39.9	2.0	2.1	3.05
3.18	0.125	72.9	3.71			61.4	3.13			49.5	2.5		
3.81	0.150	87.3	4.45			74.8	3.81			57.9	2.9		
4.45	0.175	102.5	5.22			86.9	4.43			63.1	3.2		
5.08	0.200	116.8	5.95	5.8	5.52	89.4	4.55	4.7	4.47	72.3	3.7	3.5	3.34
7.62	0.300	161.9	8.25			126.8	6.46			85.9	4.4		
10.16	0.400	193.3	9.85			150.4	7.66			96.6	4.9		
12.70	0.500	229.2	11.68			169.4	8.63			107.1	5.5		

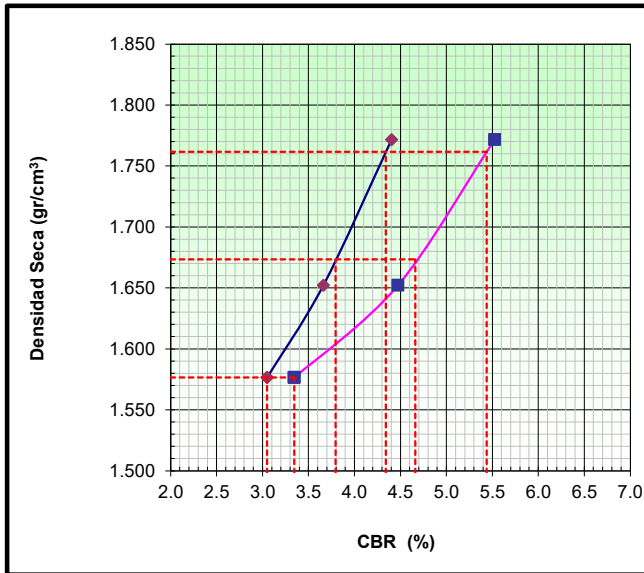
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107				
MATERIAL	: Sub Rasante				
UTM	: 782082.000E	9271091.000N	2031 m.s.n.m		
PROGRESIVA	: km 14+400			Lado : lzq	

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-02	DOSIFICACION ADITIVO PROES	: 0.25 L/m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: ML
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-4 (8)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.762
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.4
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.674

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	4.3	0.2":	5.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	3.8	0.2":	4.7

RESULTADOS:

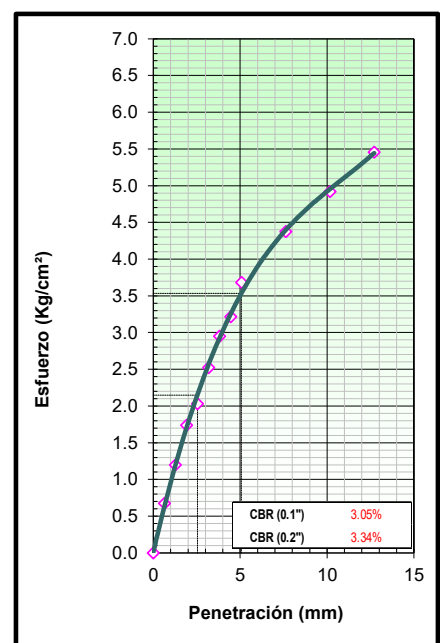
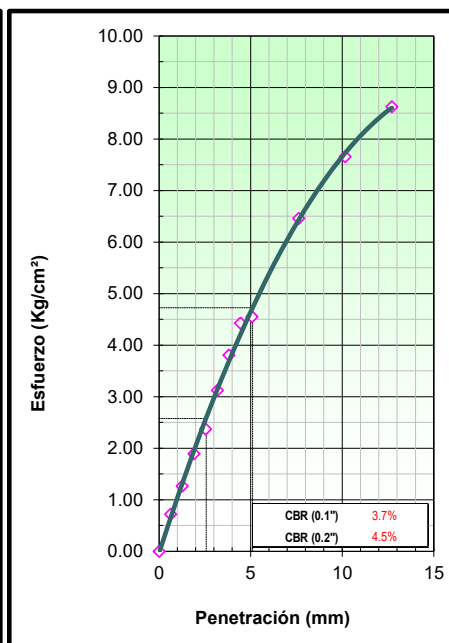
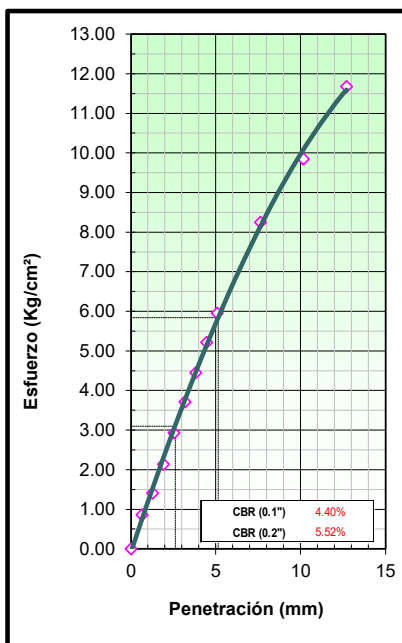
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 4.3 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 3.8 (%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm3)	Presion Aplicada (0.1")(kg/cm2)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2")(kg/cm2)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.577	2.03	3.05	3.68	3.34
25 GOLPES	1.652	2.37	3.66	4.55	4.47
56 GOLPES	1.772	2.93	4.40	5.95	5.52

EC = 56 GOLPES

EC = 25GOLPES

EC = 10 GOLPES



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107
MATERIAL	: Sub Rasante
UTM	: 782082E 9271091N 2031 m.s.n.m
PROGRESIVA	: Km 14+400 Lado : Izq

DATOS DE LA MUESTRA CON ADITIVO

CALICATA	: CAL-02	DOSICACION ADITIVO PROES	: 0.30 L/m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: ML
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-4 (8)

COMPACTACION

Molde N°	16		11		27	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9125	9237	8852	9083	8940	9218
Peso de molde (g)	4658	4658	4697	4697	4967	4967
Peso del suelo húmedo (g)	4467	4579	4155	4386	3973	4251
Volumen del molde (cm³)	2120	2120	2128	2128	2125	2125
Densidad húmeda (g/cm³)	2.107	2.160	1.953	2.061	1.870	2.000
Tara (N°)	A-3	F-5	J-1	LI-2	A-12	A-3
Peso suelo húmedo	319.0	564.0	321.0	591.0	330.0	594.0
Peso suelo seco	280.2	473.3	282.0	487.8	289.0	485.7
Peso de tara (g)	58.0	43.20	54.10	42.00	58.0	58.00
Peso de agua (g)	38.8	90.7	39.0	103.2	41.0	108.3
Peso de suelo seco (g)	222.2	430.1	227.9	445.8	231.0	427.7
Contenido de humedad (%)	17.46	21.08	17.11	23.16	17.75	25.32
Densidad seca (g/cm³)	1.794	1.784	1.667	1.674	1.588	1.596

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/06/2025	9:05	0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0
11/06/2025	9:05	24	2.42	2.420	2.1	2.81	2.810	2.4	3.40	3.400	2.9
12/06/2025	9:05	48	3.18	3.180	2.7	3.45	3.450	2.9	4.22	4.220	3.6
13/06/2025	9:05	72	3.27	3.270	2.8	4.13	4.130	3.5	4.38	4.380	3.8
14/06/2025	9:05	96	3.46	3.460	3.0	4.19	4.190	3.6	4.49	4.490	3.9

PENETRACION

DIAMETRO DEL PISTÓN

5 Cm

ÁREA DEL PISTÓN:

19.63 cm²

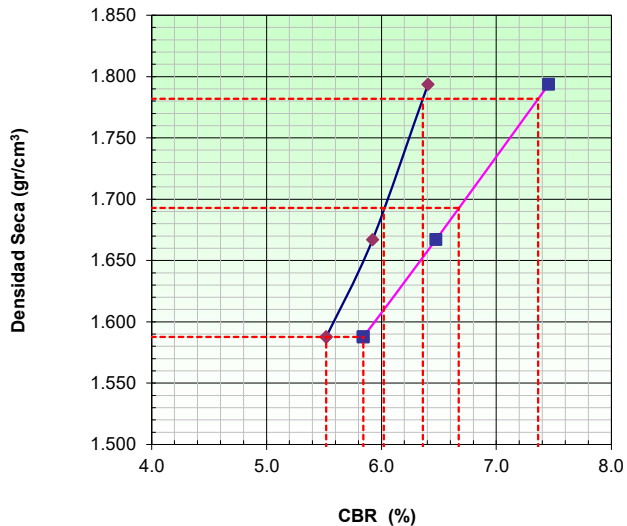
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	PRESIÓN 56 GOLPES				PRESIÓN 25 GOLPES				PRESIÓN 10 GOLPES			
		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR		CARGA	ESFUERZO	CBR	
		Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	%	Kg	Kg/cm²	Kg/cm²	%
0.00	0.000	0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.0		
0.64	0.025	26.3	1.34			24.4	1.24			22.2	1.1		
1.27	0.050	56.8	2.89			45.8	2.33			43.2	2.2		
1.91	0.070	69.2	3.53			65.2	3.32			63.3	3.2		
2.54	0.100	70.5	4.55	4.51	6.40	83.5	4.25	4.2	5.92	78.9	4.0	3.9	5.52
3.18	0.125	106.0	5.40			97.3	4.96			90.3	4.6		
3.81	0.150	126.2	6.43			111.7	5.69			101.8	5.2		
4.45	0.175	143.3	7.30			121.5	6.19			110.7	5.6		
5.08	0.200	105.7	7.87	7.9	7.46	135.9	6.92	6.8	6.47	118.6	6.0	6.2	5.84
7.62	0.300	205.2	10.45			166.6	8.49			145.3	7.4		
10.16	0.400	244.3	12.45			190.8	9.72			161.8	8.2		
12.70	0.500	276.6	14.09			212.7	10.84			172.1	8.8		

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMA - ASTM D 1883

RUTA : CA-107
MATERIAL : Sub Rasante
UTM : 782082.000E 9271091.000N 2031 m.s.n.m
PROGRESIVA : km 14+400 Lado : Izq

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : CAL-02 DOSIFICACION ADITIVO PROES : 0.30 L/m³
MUESTREO : M - 01 CLASF. (SUCS) : ML
PROF. (m) : 0.00 -1.50 CLASF. (AASHTO) : A-4 (8)



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.782
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.4
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.693

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	6.4	0.2":	7.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	6.0	0.2":	6.7

RESULTADOS:

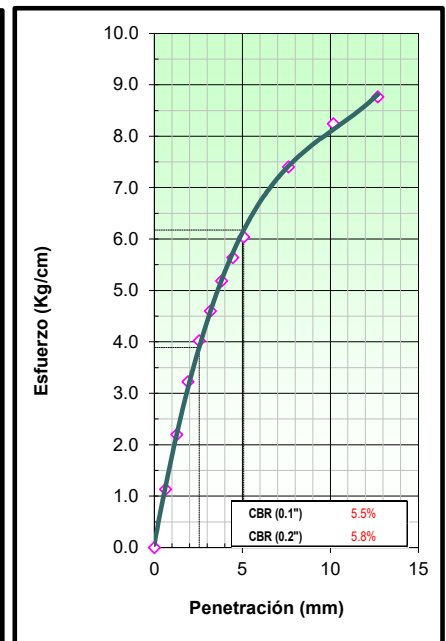
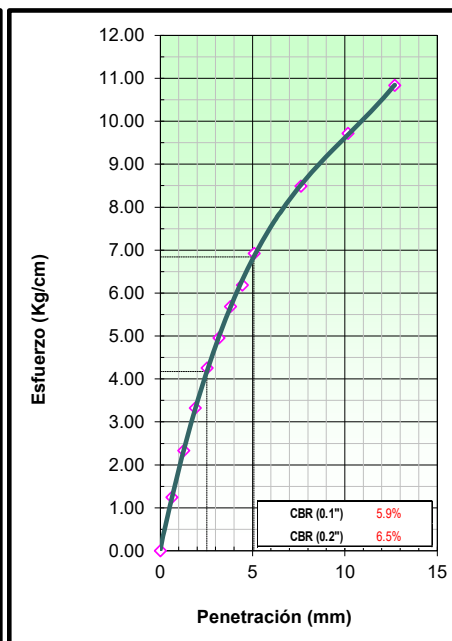
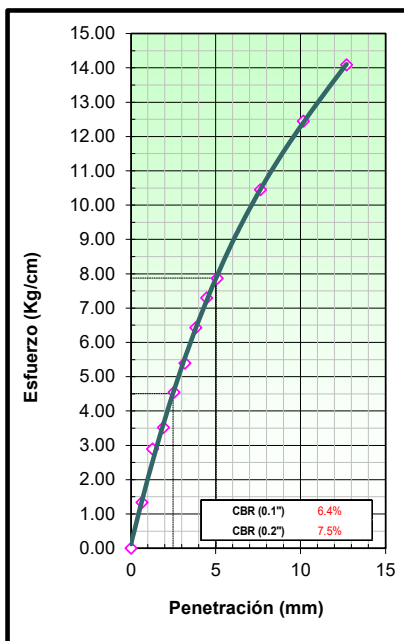
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 6.4 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 6.0 (%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm³)	Presion Aplicada (0.1") (kg/cm²)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2") (kg/cm²)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.588	4.02	5.52	6.04	5.84
25 GOLPES	1.667	4.25	5.92	6.84	6.47
56 GOLPES	1.794	4.55	6.40	7.87	7.46

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107
MATERIAL	: Sub Rasante
UTM	: 782082E 9271091N 2031 m.s.n.m
PROGRESIVA	: Km 14+400 Lado : Izq

DATOS DE LA MUESTRA CON ADITIVO

CALICATA	: CAL-02	DOSICACION ADITIVO PROES	: 0.35 L/m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: ML
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-4 (8)

COMPACTACION

Molde N°	17		21		12	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9084	9216	8748	8925	8706	9020
Peso de molde (g)	4583	4583	4476	4476	4729	4729
Peso del suelo húmedo (g)	4501	4633	4272	4449	3977	4291
Volumen del molde (cm³)	2124	2124	2158	2158	2102	2102
Densidad húmeda (g/cm³)	2.119	2.181	1.980	2.062	1.892	2.041
Tara (N°)	D-2	D-6	C-10	J-4	A-5	E-11
Peso suelo húmedo	306.6	605.0	323.4	594.5	312.9	573.0
Peso suelo seco	269.4	507.3	283.7	493.4	275.3	464.7
Peso de tara (g)	56.0	55.40	55.81	56.80	59.5	42.2
Peso de agua (g)	37.2	97.8	39.7	101.1	37.6	108.3
Peso de suelo seco (g)	213.4	451.9	227.9	436.6	215.8	422.5
Contenido de humedad (%)	17.43	21.63	17.40	23.15	17.42	25.63
Densidad seca (g/cm³)	1.805	1.793	1.686	1.674	1.611	1.625

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION		LECTURA DEFORMIMETRO	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/06/2025	9:05	0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0	0.00	0.000	0.0
11/06/2025	9:05	24	2.36	2.360	2.0	2.41	2.410	2.0	3.19	3.190	2.8
12/06/2025	9:05	48	3.24	3.240	2.8	3.04	3.040	2.6	4.13	4.130	3.6
13/06/2025	9:05	72	3.36	3.360	2.9	3.95	3.950	3.3	4.32	4.320	3.7
14/06/2025	9:05	96	3.48	3.480	3.0	4.07	4.070	3.4	4.37	4.370	3.8

PENETRACION

DIAMETRO DEL PISTÓN: 5 Cm ÁREA DEL PISTÓN: 19.63 cm²

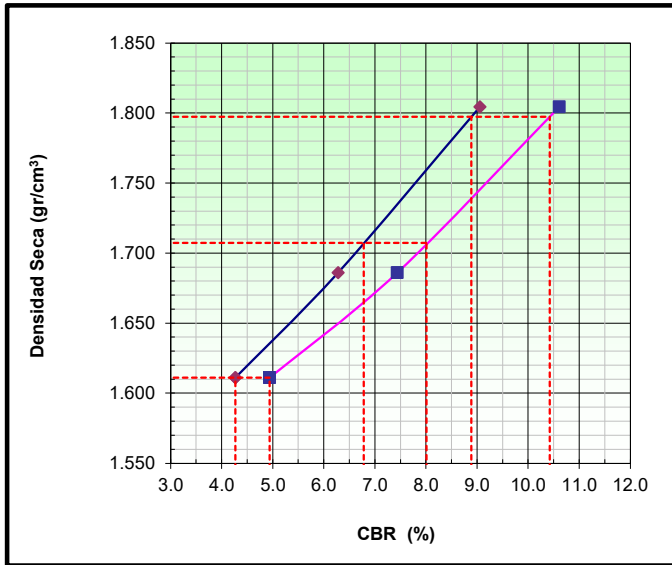
PENETRACION mm		CARGA STAND. kg/cm2	PRESIÓN 56 GOLPES				PRESIÓN 25 GOLPES				PRESIÓN 10 GOLPES			
			CARGA	ESFUERZO	CORRECCION		CARGA	ESFUERZO	CORRECCION		CARGA	ESFUERZO	CORRECCION	
			Kg	Kg/cm2	kg	%	Kg	Kg/cm2	kg	%	Kg	Kg/cm2	kg	%
0.00	0.000		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.0		
0.64	0.025		23.5	1.20			17.9	0.91			14.9	0.8		
1.27	0.050		52.3	2.66			36.5	1.86			29.2	1.5		
1.91	0.070		83.5	4.25			60.1	3.06			44.3	2.3		
2.54	0.100	70.5	114.5	5.83	6.38	9.06	86.6	4.41	4.4	6.28	57.8	2.9	3.0	4.26
3.18	0.125		146.4	7.46			104.1	5.30			70.7	3.6		
3.81	0.150		174.8	8.90			120.7	6.15			82.3	4.2		
4.45	0.175		198.7	10.12			137.2	6.99			92.8	4.7		
5.08	0.200	105.7	220.9	11.25	11.2	10.61	153.5	7.82	7.9	7.44	102.4	5.2	5.2	4.93
7.62	0.300		281.1	14.32			200.6	10.22			132.4	6.7		
10.16	0.400		327.7	16.69			244.4	12.45			159.3	8.1		
12.70	0.500		358.7	18.27			273.8	13.95			180.5	9.2		

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) NORMA - ASTM D 1883

RUTA	: CA-107			
MATERIAL	: Sub Rasante			
UTM	: 782082E	9271091N	2031 m.s.n.m	
PROGRESIVA	: km 14+400			Lado : lzq

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	: CAL-02	DOSIFICACION ADITIVO PROES	: 0.35 L/m³
MUESTREO	: M - 01	CLASF. (SUCS)	: ML
PROF. (m)	: 0.00 -1.50	CLASF. (AASHTO)	: A-4 (8)



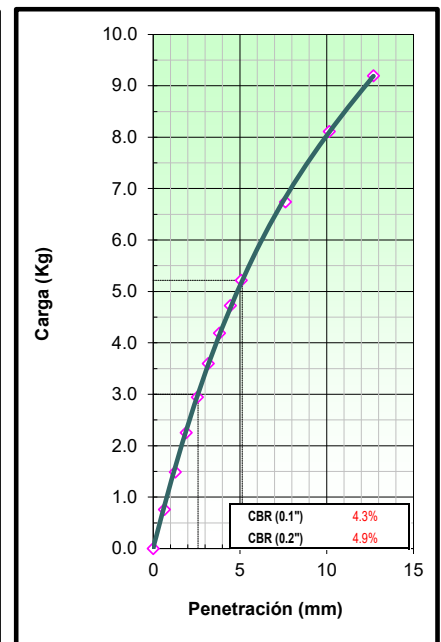
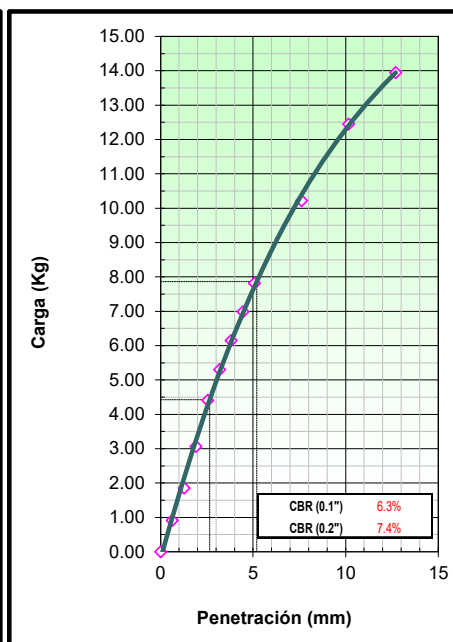
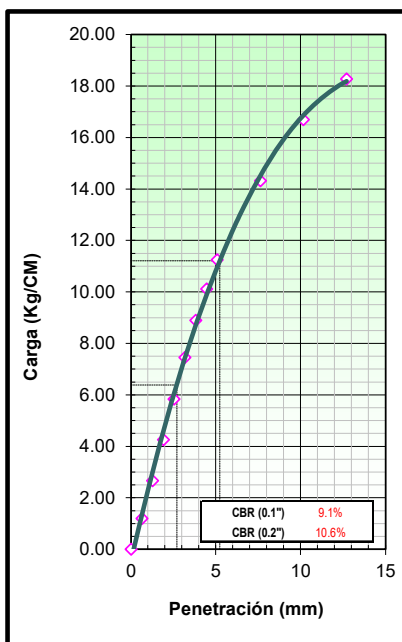
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.797
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 17.4
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.707

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	8.9	0.2":	10.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	6.8	0.2":	8.0

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 8.9 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 6.8 (%)

DESCRIPCION	Densidad Seca (gr/cm³)	Presion Aplicada (0.1")(kg/cm²)	CBR (0.1")	Presion Aplicada (0.2")(kg/cm²)	CBR (0.2")
10 GOLPES	1.611	2.94	4.26	5.22	4.93
25 GOLPES	1.686	4.41	6.28	7.82	7.44
56 GOLPES	1.805	5.83	9.06	11.25	10.61



ANEXO F: FICHA TECNICA DEL ADITIVO PROES



FICHA TÉCNICA

Aditivo Líquido de tipo Aceite Sulfonado

PROES100®

Fecha de Revisión: 11-08-2023

i. Tecnología de estabilización PROES®

El proceso **PROES®** de estabilización química de suelos (patentado) trata el suelo natural transformándolo en una base impermeable, resistente (CBR > 100%) y flexible.

Este proceso ocupa:

- El suelo natural con plasticidad
- El Aditivo Líquido **PROES100®**, aceite sulfonado, que actúa por ionización y aglomera las partículas del suelo.
- Aditivo Sólido que sirva como aglomerante.

La base generada con **PROES100®** es eficiente en aportar capacidad estructural al camino. Debe combinarse con una carpeta de rodado que aporte protección adicional a la abrasión producida por el tráfico y cumplir el estándar de operación esperado.

ii. Consideraciones de uso.

- Se deben asegurar condiciones de composición adecuada en el suelo a tratar de acuerdo a estudios y especificaciones de **PROES100®**.
- Al suelo a tratar se debe agregar un aditivo sólido, el cual consiste en un *filler* aglomerante que se define para cada proyecto y se gestiona localmente.
- El aditivo líquido **PROES100®** se agrega al suelo en dosis de 0,25 a 0,35 L/m³ de suelo estabilizado compactado. La aplicación se realiza utilizando un camión aljibe, donde se diluye el aditivo **PROES100®** en agua (al menos de 1:20) previo a su aplicación. Antes de usar el aditivo líquido, éste debe ser agitado siempre en su envase, con mayor intensidad si ha estado almacenado por un periodo prolongado.
- El proceso contempla revolver y extender el suelo tratado con motoniveladora o recicladora, y luego el compactado con rodillo vibratorio.

iii. Condiciones de transporte del aditivo líquido

- Envase** : Estanque HDPE anillado de 55 galones (aprox. 210 litros), sellado, diámetro 595 mm, altura 888 mm (ver ilustración adjunta).
- Transporte** : Los estanques se movilizan en pallets certificados de 1.000mm x 1.200mm.



iv. Condiciones químicas del aditivo líquido

- División de riesgo** : Clase 8 - Líquido Corrosivo
- Código UN** : NU 3265
- Estado físico** : Líquido de color oscuro y apariencia oleosa
- Peso específico** : 1,25 – 1,30
- pH** : Aproximadamente 1 en tambor.
- Estabilidad** : Producto estable a temperatura ambiente, mantener bajo 100°C
- Fecha de caducidad** : No tiene

ANEXO G: CERTIFICADOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERIA

Telefax Nº 0051-76-36-5976 Anexo Nº 129-130 / 147

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Certif. N° 003 – 2025

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

CERTIFICA

Que el Bachiller en Ingeniería Civil **NEYVER NILSON VASQUEZ LLAMO**, ex alumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, según consta en el cuaderno de asistencia del Laboratorio de Mecánica de Suelos, ha registrado su asistencia a dicho Laboratorio para la elaboración de la tesis profesional: "INFLUENCIA DEL ADITIVO PROES PARA EL MEJORAMIENTO DEL CBR DE LA SUBRASANTE DEL TRAMO BAMBAMARCA – LA PACCHA, CAJAMARCA 2024", en el siguiente periodo:

Del 04 al 14 de febrero del 2025

El Laboratorio no se responsabiliza por la ejecución y los resultados de los ensayos realizados.

Se expide el presente a solicitud verbal del interesado para los fines que estime por conveniente,

Cajamarca, 27 de junio del 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos

ING. MARCO W. HOYOS SAUCEDO
Reg. CIP 26031