

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS PARA OBTENER  
EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

**EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA  
CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL  
SUELO ARCILLOSO**

**Autora: Bach. Keiko Tatiany Monteza Fernández**

**Asesor: Ing. Diomar Zavaleta Vílchez**

Registro: (.....)

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2024**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-H

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

#### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): MONTEZA FERNÁNDEZ KEIKO TATIANI  
DNI N°: 73310416  
Correo electrónico: 7331041681@untrm.edu.pe  
Facultad: INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL  
Escuela Profesional: INGENIERIA CIVIL

#### Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

#### 2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

EVALUACIÓN DE SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO

#### 3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: ZAVALETA VILCHEZ DIOMAR  
DNI, Pasaporte, C.E N°: 72917344  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) <https://orcid.org/0000-0002-2184-702x>

#### Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: \_\_\_\_\_  
DNI, Pasaporte, C.E N°: \_\_\_\_\_  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>)

#### 4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.html](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html)  
2.01.01--INGENIERIA CIVIL

#### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

#### 6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 17 / MAYO / 2024

Firma del autor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 1

Firma del Asesor 2

## **DEDICATORIA**

Mi trabajo de investigación está dedicado a toda mi familia quienes son mi motor y motivo para seguir superándome cada día. A mis queridos padres Olga Fernández Tarrillo y Luzberto Monteza Suarez quienes me apoyaron incondicionalmente para la realización de mi investigación. Principalmente a mi madre que siempre es la fuente de mi inspiración para ser mejor persona cada día, quien me ha levantado en todos mis tropiezos del camino y me ha guiado para superarlos, ella es la mujer que más admiro por su dedicación y paciencia que tienes con sus hijos, para ella es todo mi esfuerzo y dedicación. Y agradezco a mi padre quien me ha apoyado incondicionalmente para la realización de mi investigación.

Gracias a mi madre, padre y hermanos.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a mis padres quienes me apoyaron incondicionalmente para la realización de esta investigación. También agradecer al Téc. Freddy Luis Gallardo Meléndez, al Bach. Edgar Leonardo Ordoñez Serván y al Dr. Edwin Adolfo Diaz Ortiz quienes me brindaron su apoyo e instruyeron con su experiencia para el desarrollo de esta investigación.



**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO  
RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph.D. Jorge Luis Maicelo Quintana  
RECTOR**

**Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres  
VICERRECTOR ACADÉMICO**

**Dra. María Nelly Luján Espinoza  
VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

**Ph.D. Ricardo Edmundo Campos Ramos  
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL**

# VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-L

### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM ( )/Profesional externo ( x ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO; del egresado KEIKO TATIANY MONTEZA FERNÁNDEZ de la Facultad de INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL de esta Casa Superior de Estudios.



El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 06 de MAYO de 2024

Firma y nombre completo del Asesor  
IDIAR ZAVALETA VILCHEZ

## JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



---

PRESIDENTE

Lic. José Luis Quispe Osorio



---

SECRETARIO

Ing. Emanuel Tafur Revilla



---

VOCAL

Ing. Mónica del Pilar Torrejón Llaja

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARENOSO

presentada por el estudiante ( )/egresado (x) BACH. KEIKO TATIANY MONTEZA FERNÁNDEZ de la Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL

con correo electrónico institucional 7371041681@untrm.edu.pe

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 22 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor ( x ) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 06 de MAYO del 2024

emanuelafaravillote  
SECRETARIO

[Signature]  
VOCAL

[Signature]  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



## ANEXO 3-S

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 13 de mayo del año 2024, siendo las 18:30 horas, el aspirante: Bach. MONTEZA FERNÁNDEZ, Keiko Tatiany, asesorado por Ing. Diomar Zavaleta Vilchez defiende en sesión pública presencial () / a distancia ( ) la Tesis titulada: EVALUACIÓN DE SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Civil, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Lic. José Luis Quispe Osorio  
Secretario: Ing. Emanuel Tafur Revilla  
Vocal: Ing. Mónica del Pilar Torresón Llaja



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 19:30 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

emanuel tafur revilla  
SECRETARIO

[Signature]  
VOCAL

[Signature]  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:  
.....

## ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS.....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....	vii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS .....	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
ÍNDICE .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN.....	18
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	21
2.1 Diseño de la investigación.....	21
2.2 Métodos .....	21
III. RESULTADOS .....	45
3.1 Propiedades físicas y mecánicas del suelo natural .....	45
3.2 Evaluación de las propiedades mecánicas del suelo adicionado con silicato de sodio ....	51
3.3 Evaluación estadística de los resultados CBR, adicionado Silicato de Sodio. ....	56
IV. DISCUSIÓN .....	59
4.1 Máxima densidad seca .....	59
4.2 Capacidad portante del suelo .....	59
V. CONCLUSIONES.....	61
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS .....	66
ANEXO 01: Mapa de ubicación de la calicata.....	66
ANEXO 02: Panel fotográfico .....	68

ANEXO 03: Especificaciones técnicas del Silicato De Sodio .....	81
ANEXO 04: Resultados de los ensayos de laboratorio – Contenido De Humedad .....	84
ANEXO 05: Resultados de los ensayos de laboratorio – Análisis Granulométrico.....	86
ANEXO 06: Resultados de los ensayos de laboratorio – Limites De Atterberg.....	88
ANEXO 07: Resultados de los ensayos de laboratorio – Proctor Modificado.....	90
ANEXO 08: Resultados de los ensayos de laboratorio – CBR.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Normas Técnicas Peruanas .....	22
<b>Tabla 2.</b> Estado Natural.....	32
<b>Tabla 3.</b> Estado natural .....	36
<b>Tabla 4.</b> Propiedades fisicoquímicas del silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).....	40
<b>Tabla 5.</b> 4% de silicato de sodio .....	42
<b>Tabla 6.</b> 8% de silicato de sodio .....	42
<b>Tabla 7.</b> 12% de silicato de sodio .....	42
<b>Tabla 8.</b> 4% de silicato de sodio-CBR.....	43
<b>Tabla 9.</b> 8% de silicato de sodio-CBR.....	44
<b>Tabla 10.</b> 12% de silicato de sodio-CBR.....	44
<b>Tabla 11.</b> Contenido de humedad de la muestra .....	45
<b>Tabla 12.</b> Granulometría de la muestra de suelo.....	45
<b>Tabla 13.</b> Determinación del límite líquido en cada intervalo.....	46
<b>Tabla 14.</b> Determinación del límite plástico .....	47
<b>Tabla 15.</b> Datos Generales .....	48
<b>Tabla 16.</b> Resultados de CBR de la muestra en estado natural.....	50
<b>Tabla 17.</b> Resultado de CBR con 4% de silicato de sodio.....	53
<b>Tabla 18.</b> Resultado de CBR, con 8% de silicato de sodio.....	53
<b>Tabla 19.</b> Resultado de CBR, con 12% de silicato de sodio.....	54
<b>Tabla 20.</b> Comparación de resultados de CBR .....	54
<b>Tabla 21.</b> Datos para el análisis de varianza .....	56



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestra de suelo en el horno.....	23
Figura 2. Lavado de la muestra de suelo .....	25
Figura 3. Colocación de la muestra lavada al horno. ....	25
Figura 4. Tamizando mecánicamente la muestra .....	26
Figura 5. Tamizado de la muestra.....	26
Figura 6. Preparación de la muestra para la determinación de límite líquido .....	28
Figura 7. Ensayo de la muestra mediante la Cazuela de Casagrande .....	29
Figura 8. Prueba para determinación de límite plástico .....	29
Figura 9. Preparación de la muestra para ensayo de Proctor Modificado. ....	32
Figura 10. Compactación de la muestra .....	33
Figura 11. Pesada de la muestra húmeda. ....	33
Figura 12. Preparación de la muestra para CBR. ....	36
Figura 13. Compactación de la muestra de CBR.....	37
Figura 14. Enrasado de la muestra de CBR.....	37
Figura 15. Nivelación con el deformímetro. ....	38
Figura 16. Muestras en inmersión.....	38
Figura 17. Prueba de CBR .....	39
Figura 18. Silicato de sodio .....	41
Figura 19. Curva granulométrica.....	46
Figura 20. Gráfica de Límite Líquido.....	47
Figura 21. Resultado de la clasificación USCS.....	48
Figura 22. Resultados de la clasificación AASTHO .....	49
Figura 23. Estrato de la calicata .....	49
Figura 24. Gráfica de proctor modificado de la muestra en estado natural .....	50
Figura 25. Gráfica de proctor modificado con 4% de silicato de sodio.....	51
Figura 26. Gráfica de proctor modificado con 8% de silicato de sodio.....	51
Figura 27. Gráfica de proctor modificado con 12% de silicato de sodio.....	52
Figura 28. Gráfica comparativa de silicato de sodio .....	52
Figura 29. Gráfica comparativa de resultados de CBR vs el % de silicato.....	55
Figura 30. Análisis de varianza .....	57
Figura 31. Prueba de Tukey.....	58

<b>Figura 32.Obtención de muestra - Calicata N°1 .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 33. Muestra de suelo - Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la UNTRM. .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 34. Contenido de humedad .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 35. Pesado y lavado de la muestra .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 36. Muestra lavada e ingresada al horno. ....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 37. Tamizado de la muestra.....</b>	<b>71</b>
<b>Figura 38. Pesado de la muestra tamizada. ....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 39. Tamizado de la muestra para el ensayo de Limites de Atterberg .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 40. Limite liquido.....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 41. Limite plástico .....</b>	<b>73</b>
<b>Figura 42. Preparación de la muestra de suelo .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 43. Compactación del suelo .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 44. Enrasado y pesado de la muestra compactada. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 45. Pesado de la muestra compactada. ....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 46. Secado de la muestra compactada .....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 47. Pesado de las muestras compactadas secas.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 48. Preparación de dosificación del silicato de sodio.....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 49. Agregado del silicato de sodio dosificado a la muestra de suelo. ....</b>	<b>77</b>
<b>Figura 50. Preparación de la muestra de suelo. ....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 51. Compactación y enrasado de la muestra de suelo .....</b>	<b>78</b>
<b>Figura 52. Pesado y nivelación de las probetas .....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 53. Inmersión de las probetas.....</b>	<b>79</b>
<b>Figura 54. Pesado y colocación de la probeta a la máquina de CBR.....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 55. Penetración de la probeta en la máquina de CBR .....</b>	<b>80</b>

## RESUMEN

En la ingeniería los suelos expansivos son difíciles de estabilizarlos, esto debido a su constitución mineralógica que es la arcilla, la cual tiene la propiedad de expansión y contracción. La aplicación de estabilizadores químicos para el tratamiento de suelos arcillosos, son en la actualidad una alternativa de solución, además, siendo amigable con el medio ambiente es una buena opción. El silicato de sodio es un estabilizador químico usado para mejorar los suelos que no son aptos para uso ingenieril. La investigación, aplicada del tipo experimental, se centró en evaluar el silicato de sodio para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante arcillosa. Se desarrolló mediante el método mixto, usando la observación como técnica. En el procedimiento de investigación se realizaron diferentes ensayos tales como análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR. Para la validación estadística de los resultados se aplicó el ANOVA y el método Tukey. Los resultados indicaron que el CBR no alcanzó los valores mínimos aceptables por las normas peruanas, disminuyendo su capacidad de soporte. Finalmente, se concluyó que, para un suelo arcilloso altamente plástico, el silicato de sodio en dosificaciones de 4%, 8% y 12% no alcanzó los estándares mínimos de CBR requeridos y normados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú.

**Palabras claves:** suelo arcilloso, Silicato de Sodio, CBR.

## ABSTRACT

In engineering, expansive soils are difficult to stabilize due to their mineralogical constitution, which is clay, which has the property of expansion and contraction. The application of chemical stabilizers for the treatment of clay soils is currently an alternative solution, besides, being environmentally friendly it is a good option. Sodium silicate is a chemical stabilizer used to improve soils that are not suitable for engineering use. The research, applied of the experimental type, focused on evaluating sodium silicate to improve the bearing capacity of clay subgrade. It was developed by the mixed method, using observation as a technique. In the research procedure, different tests such as granulometric analysis, moisture content, Atterberg limits, Modified Proctor and CBR were performed. For statistical validation of the results, ANOVA and the Tukey method were applied. The results indicated that the CBR did not reach the minimum values acceptable by Peruvian standards, decreasing its bearing capacity. Finally, it was concluded that, for a highly plastic clayey soil, sodium silicate in dosages of 4%, 8% and 12% did not reach the minimum CBR standards required and regulated by the Peruvian Ministry of Transport and Communications.

**Keywords:** clay soil, Sodium Silicate, CBR.

## I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo hay diferentes prácticas de estabilización para suelos que no son aptos en usos ingenieriles. Por ello, se aplican tratamientos tales como: la sustitución del suelo, aumento de la tensión de contacto bajo cimientos poco profundos, uso de pilotes con extremos agrandados, tratamiento con aditivos químicos. Para estabilizar el suelo natural se aplica diversos tratamientos que permiten mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, de forma que puedan soportar las inclemencias del tiempo (Gautam et al., 2020). La finalidad de usar productos químicos en suelos es mejorar su resistencia, disminuir la permeabilidad y compresibilidad. Dentro de estos tratamientos químicos se tiene a las puzolanas, aditivos orgánicos, polímeros y activadores alcalinos (Fazal et.al.,2020). Los suelos expansivos son problemáticos para usos en la ingeniería, esto debido a su constitución mineralógica, donde predomina la arcilla, la cual tiene la propiedad de expansión y contracción. Las características principales de este tipo de suelo son su cambio de volumen, susceptibilidad al contenido de humedad y su alta plasticidad que suelen presentar (Ikeagwuani y Chimobi, 2019).

Una de las alternativas para estabilizar el suelo son los activadores alcalinos, como el silicato de sodio neutro que tiene como características principales la impermeabilización, reducción de la plasticidad, incrementa la permanencia de agua en la compactación y disminuye la expansión volumétrica (Javadzadeh, 2021). Tal es el caso de la investigación realizada por Kalyan y Sivanarayana (2022) en la ciudad de Bhimavaram (India), titulada “Estudio comparativo de la estabilización de suelos de algodón negro con RBI Grado 81 y silicato de sodio”, este estudio se centró en proponer una estabilización química para mejorar las propiedades de ingeniería de los suelos de algodón negro utilizando RBI Grado 81 y silicato de sodio. Los resultados del CBR de esta investigación con respecto al aditivo RBI Grado 81 en dosificaciones de 2%, 4% y 6%, fueron 8.3%, 16.50% y 20.30% respectivamente. Por otro lado, los resultados de CBR adicionado el silicato de sodio con dosificaciones de 3%, 4.5% y 6% fueron 2.42%, 1.98% y 1.98% respectivamente. De esta investigación concluyeron que el aditivo RBI Grado 81 mejoraba el CBR, a medida que aumentaba la dosificación, caso contrario del silicato de sodio disminuyó el CBR con respecto a su estado natural del suelo (2.86% CBR). Es decir, que a medida que se iba aumentando la dosificación, disminuía su CBR.

Negussie y Dinku (2014), realizaron su investigación sobre los “Efectos de la combinación de cal y silicato sódico para la estabilización de subrasantes expansivas”, realizado en la ciudad Addis Abeba (Etiopia); este estudio se centró en investigar los efectos de la aplicación de silicato de sodio líquido y cal hidratada en las propiedades de ingeniería de la arcilla expansiva. Los resultados del CBR con el silicato de sodio, en dosificaciones de 1.5%, 2.5% y 6%, en donde este aditivo disminuyó la resistencia de la subrasante en comparación con el suelo natural inalterado, caso contrario de la cal en dosificaciones de 2%, 4% y 6% que tuvieron una respuesta positiva pues aumentó su resistencia, pero cuando combinaron estos dos aditivos, obtuvieron que la resistencia disminuyó. De esa forma concluyeron que el silicato no llega a los estándares mínimos requeridos para que un CBR mejore una subrasante, caso contrario de la cal que, si es un buen aditivo para el mejoramiento del suelo. Finalmente, concluyeron que la combinación de ambos aditivos disminuyó la resistencia de la subrasante.

Por otra parte, Alvarez y Rojas (2020) en su estudio “Comparación de las alternativas de estabilización con cal, cemento, silicato de sodio y aceite sulfonado para vías terciarias con presencia de arcilla en la región de la Orinoquía”, realizado en Colombia. El objetivo fue comparar alternativas de estabilización con cal, cemento, silicato de sodio y aceite sulfonado para vías terciarias. Teniendo como caso de estudio la vía terciaria “vereda las leonas”, ubicada entre el municipio de Puerto López y Puerto Gaitán en el departamento del Meta. Donde los resultados para las dosificaciones de 0.5% de aceite sulfonado, 3% de silicato de sodio, 3% de cal y 2% de cemento, se tuvieron los siguientes CBR, 3.88%, 4.84%, 8.05% y 5.51% respectivamente. Concluyeron que la cal fue el estabilizador que permitió mejores resultados en cuanto al comportamiento mecánico el suelo, ya que evaluaron los resultados de los ensayos de CBR sin modificar para cada tramo y el suelo en condiciones naturales (1.98% CBR), comprobando que el CBR aumentó.

La investigación se desarrolló mediante el método mixto, utilizando la observación como técnica y como instrumento las fichas técnicas. Para este estudio se utilizó ensayos estandarizados por el Ministerio de Transportes y Comunicación tales como: el análisis granulométrico del suelo, contenido de humedad, límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad). Mediante los cuales se obtuvo la clasificación del tipo de suelo de la muestra estudiada. También, se realizó el ensayo de proctor modificado y CBR. Para estos dos últimos ensayos se aplicó la muestra en estado natural y también

la muestra alterada, en dosificaciones de 4%, 8% y 12% de silicato de sodio. Además de los ensayos de laboratorio, se realizó la valoración estadística mediante el análisis de varianza y el método Tukey.

La zona de estudio fue la localidad de Japelacio, región San Martín, donde predominan suelos arcillosos. Por ende, tiene dificultades para su estabilización, específicamente en construcción de obras viales. La investigación se centró en evaluar el silicato de sodio para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante arcillosa, determinando sus propiedades físicas y mecánicas del suelo natural y aplicando dosificaciones de 4%, 8%, 12% de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , para ello se utilizaron ensayos como el análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. Asimismo, se efectuó la valoración estadística de los resultados. El estudio tuvo como resultados que la muestra inalterada alcanzó un CBR de 3.45%. Luego, con la dosificación de 4% de silicato de sodio que se añadió a la muestra inalterada, se obtuvo 1.77% de CBR. Con 8% de silicato de sodio que se añadió a la muestra de suelo en estado natural, alcanzó un CBR de 2.45% y al 12% de silicato de sodio que se añadió a la muestra de suelo en estado natural, alcanzó un CBR de 2.05%. Entonces se concluyó que, para un suelo arcilloso altamente plástico, el silicato de sodio en dosificaciones de 4%, 8% y 12% no alcanzan los estándares mínimos de CBR requeridos y normados por Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1 Diseño de la investigación**

Es aplicada, del tipo experimental.

#### ***2.1.1 Universo muestral***

La zona de estudio fue seleccionada de acuerdo al tipo de carretera, ya que al ser una de bajo volumen de tránsito ( $\leq 200$  veh/día), la norma estipula que se debe hacer una calicata por cada kilómetro; por ende, la muestra de 230kg, fue extraída del camino vecinal SM-645 Jepelacio – Centro Poblado de Potrerillo, en el kilómetro 01+500 km, en las coordenadas 18M 286673 E y 9321983N.

#### ***2.1.2 Variables de estudios***

##### **2.1.2.1 Variable independiente**

- Silicato de sodio

##### **2.1.2.2 Variable Dependiente**

- Capacidad de soporte de la subrasante arcillosa.

### **2.2 Métodos**

#### ***2.2.1 Método***

Método Mixto.

#### ***2.2.2 Técnica***

Observación

#### ***2.2.3 Instrumento***

Ficha técnica



## 2.2.4 Procedimiento

### 2.2.4.1 Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo

Para la determinación de las propiedades físicas del suelo se desarrolló ensayos en granulometría, límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR, utilizando las Normas para ensayos de materiales del MTC y/o Normas Técnicas del INACAL, según el ensayo correspondiente. En la siguiente tabla se detalla la norma para cada ensayo.

**Tabla 1:**

*Normas Técnicas Peruanas*

ENSAYOS	NORMA PERUANA
<b>Análisis Granulométrico de suelos por tamizado</b>	NTP 339.128:1999 MTC E 107-2016
<b>Determinación del Limite Líquido Determinación del Limite Plástico e Índice de Plasticidad</b>	NTP 339.129 MTC E 110/2016 MTC E 111/2016
<b>Proctor Modificado (Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada)</b>	MTC E 115/2016 NTP 339.141
<b>CBR de suelos MTC E 132/2000</b>	NTP 339.145 MTC E 132/2016

*Nota:* Normas para ensayos de materiales del MTC y/o Normas Técnicas del INACAL

La evaluación de suelos geotécnicos se realizó mediante ensayos ya estandarizados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, empleando el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (2016) y/o Normas Técnicas del INACAL. Además, se clasificó al suelo mediante el método USCS (Unified Soil Classification System) y (AASHTO) la American Association of State Highway and Transportation Officials. La muestra del suelo se extrajo mediante una calicata que tuvo una profundidad de 1.5m (Cobos et al., 2021). Posteriormente la muestra fue llevada al laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos de la UNTRM para su respectivo análisis, mediante los diferentes ensayos, las cuales fueron:

### **2.2.4.1.1 Ensayo de contenido de humedad**

Mediante esta prueba se determinó la cantidad de agua (%) que tiene el suelo y para ello utilizó los siguientes materiales (ASTM D2216-98, 1998) (NTP 339.127:1998, 2019):

- Horno de secado  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Una balanza electrónica de precisión
- Recipientes para las muestras
- Instrumentos para la manipulación de recipientes como son guantes, sujetador para manipular las muestras en el horno, espátulas, entre otros.

Paso 1: Se tomó el espécimen para el ensayo de humedad, en donde se cogió la masa 3840 gramos, este para el caso donde el contenido de humedad reportados de  $\pm 0.1\%$ .

Paso 2: La muestra de suelo fue pesada antes de ser ingresada al horno donde la temperatura fue de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego de ser puestas al horno se esperó por 24 horas para que la muestra este completamente seca.

Paso 3: Por último, se pesó el suelo seco, para que de esa manera por diferencia de peso se pueda obtener el contenido de humedad del suelo.

### **Figura 1:**

*Muestra de suelo en el horno*



*Nota:* Se puso la muestra de suelo humedad al horno y se esperó por 24 horas hasta que esté completamente seca.

#### **2.2.4.1.2 Ensayo de análisis granulométrico**

Mediante este análisis granulométrico por tamizado, se determinó el tamaño de las partículas y la clasificación del suelo, para este procedimiento se utilizó los siguientes materiales (ASTM D422-63, 2002) (Aluvihara y Kalpage, 2020) (NTP 339.128:1999, 2019):

- Una balanza electrónica de precisión
- Tamices de malla cuadrada (Tamiz de 3", 2", 1½", 1, ¾", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°140 y N°200)
- Tamizador
- Horno que mantenga temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes para el secado de las muestras
- Brocha y Cepillo, para el limpiado de los tamices.

Paso 1: Se tomó la muestra de campo, la cual fue superior a la que se pide en laboratorio de 2kg, entonces mediante la técnica de cuarteo se separó la muestra que se utilizó para el análisis granulométrico. Como se realizó este procedimiento para obtener el contenido de humedad, de la muestra seca se tomó 1kg para el análisis granulométrico

Paso 2: Luego del cuarteo, la muestra de 1000 gramos que se seleccionó fue lavada, en donde se separaron los finos con la ayuda de tamiz N°200. Después que se hizo el lavado y separación, se colocó en el recipiente y fue llevado al horno para que se seque, con una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Paso 3: Después de haber secado las muestras, se cogió la muestra que ya no tenía presencia de finos, en seguida fue pesada y por diferencia de peso inicial menos el peso lavado se obtuvo cuanto es la cantidad de finos.

Paso 4: Posteriormente pasó a ser tamizado y con la ayuda de un tamizador se agitó la pila de tamices. En esta parte del proceso se pesó los materiales retenidos de cada malla, y en la sumatoria de todos los pesos de material retenido no debe diferir en más del 2%. Para el análisis granulométrico de finos se sumó el peso inicial de los finos, más el peso retenido de la malla N°4.

**Figura 2:**

*Lavado de la muestra de suelo*



*Nota:* Proceso de lavado de la muestra de suelo con la malla N°200

**Figura 3:**

*Colocación de la muestra lavada al horno.*



*Nota:* La muestra ya lavada fue colocada al horno a una temperatura constante de  $\pm 110^{\circ}\text{C}$ , por 24 horas.

**Figura 4:**

*Tamizando mecánicamente la muestra*



*Nota:* Se muestra la pila de tamices que fue agitado por el tamizador.

**Figura 5:**

*Tamizado de la muestra*



*Nota:* La muestra tamizada fue pesada según la retención en cada tamiz

#### ***2.2.4.1.3 Ensayo de Límites de Atterberg (límite líquido, plástico e índice de plasticidad).***

Mediante este ensayo se determinó el límite líquido y plástico del suelo, también el índice de plasticidad; para ello se utilizó los siguientes materiales (ASTM D4318-05, 2005) (NTP 339.129:1999):

- Recipientes
- Espátula
- Cazuela de Casagrande
- Acanalador y calibrador
- Una balanza de precisión
- Agua destilada
- Recipientes adecuados para la determinación de humedades
- Vidrio grueso, para la superficie de rodadura.

Paso 1: Primero se tomó la muestra del suelo que estuvo entre 150-200g del material que pase el tamiz N°40. Luego esta muestra fue mezclada con 15-20 ml de agua destilada, la cual se fue mezclándose y amasándose para que ese suelo tenga una consistencia, esta muestra se deja reposar hasta el día siguiente. Por último, este suelo amasado fue puesto a la cazuela de Casa grande, mediante la cual ayudó a determinar el límite líquido.

Paso 2: Para determinar el límite líquido se utilizó tres muestras, en donde la primera muestra de suelo se buscó que el corte hecho por el acanalador se cierre entre 25-35 golpes; segunda muestra se buscó que el corte hecho será entre 20-30 golpes y última entre 15-25 golpes de la cazuela de Casagrande.

Paso 3: Con los datos obtenidos del ensayo se determinó gráficamente el límite del líquido, que posteriormente la clasificación del suelo.

Paso 4: Después de terminar la prueba de límite líquido, con las muestras ya humedecidas se cogió 15g de la porción. Luego con ese espécimen se moldeó en forma elipsoide y sobre una superficie lisa se rueda con las manos, donde se fue formando cilindro. Como los bastoncitos cilíndricos no llegaron a tener un diámetro de 3.2mm, se volvió a repetir el proceso.

Paso 5: Por último, se diferenciaron los suelos plásticos de los muy plásticos, cuando al hacer el cilindro, donde se quedó particionándose en pedazos pequeños. Para la obtención del índice de plasticidad de un suelo solo se resta el límite líquido menos el límite plástico.

**Figura 6:**

*Preparación de la muestra para la determinación de límite líquido*



*Nota:* La muestra fue preparada 24 horas antes, para que se pueda poner en la Cazuela de Casagrande y hacer el respectivo procedimiento.



**Figura 7:**

*Ensayo de la muestra mediante la Cazuela de Casagrande*



*Nota:* Se determinó el límite líquido mediante el número de golpes que emitió la Cazuela de Casagrande.

**Figura 8:**

*Prueba para determinación de límite plástico*



*Nota:* De la muestra se hizo bastoncitos en forma de cilindro de diámetro 3.2mm.



#### **2.2.4.1.4 Ensayo de Proctor modificado**

La prueba nos proporcionó una relación entre el contenido de agua y peso unitario de los suelos, esta prueba se aplicó sólo a suelos que tienen 30% de su peso o menos se mantiene en un tamiz de 3/4". Para ello se utiliza lo siguiente (ASTM D-1557, 2012) (NTP 339.141:1999):

- Molde de 4" de diámetro y 4.6" de altura o molde de 6" de diámetro y 6" de altura.
- Pisón o martillo (10lb)
- Balanza
- Horno
- Tamices de 2", 3/4", N°4
- Recipientes
- Bandeja metálica y espátulas
- Regla metálica
- Silicato de Sodio

Paso 1: Primero se tomó una muestra representativa de 2.5 kg, luego se colocó a la bandeja metálica y se extenderá la muestra.

Paso 2: Después se tamizó la muestra con el tamiz N°4, donde se descartó el material que fue mayor que el tamiz N°4, en seguida se mezcló la muestra escogida con agua hasta obtener una muestra ligeramente humedad. Esta muestra fue dejada hasta el día siguiente, en donde se compactará en 5 capas.

Paso 3: Al día siguiente, antes de realizar la compactación, primero se pesó el molde con la placa base, luego se dividió la muestra en aproximadamente igual número de pulsos necesarios, uno por cada capa que se utilizó (5 capas).

Paso 4: Luego se colocó el material en el cilindro donde se compactó cada capa (5 capas) con el número de golpes requerido (56 golpes), el pisón se dejó caer a una altura de 18".

Paso 5: Inmediatamente después de la compactación se sacó cuidadosamente el collar y se enrasó el suelo compactado que sobresalió en la parte superior del molde, para la cual se usó una regla metálica.

Paso 6: Seguidamente se pesó el molde con la muestra compactada, a continuación, se retiró el suelo compactado del molde, de inmediato se colocó la muestra en un recipiente y fue pesado, luego esta muestra fue llevada al horno para que seque por un tiempo mínimo de 12 horas.

Paso 7: Por último, repetiremos el procedimiento con un contenido de humedad ligeramente mayor y así sucesivamente hasta que disminuya o no haya cambios en la masa unitaria húmeda de la muestra o se haya obtenido dos puntos en la gráfica de compactación.

### **Dosificación de la muestra**

Este ensayo se ejecutó en laboratorio, siguiendo lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales (MTC E115, 2016). Con la finalidad de determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco que posee el suelo, ejecutándose con una energía de compactación de  $2700 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ . Para este ensayo se utilizó el “Método A”, ya que no tenía presencia de gravas.

Para la preparación de muestras en estado natural, según lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales (MTC E115, 2016) y se calculó de la siguiente manera:

#### ➤ Estado Natural

Se utilizó cuatro muestras para realizar el ensayo de Proctor Modificado, con sus respectivas humedades para así poder obtener la humedad óptima. Se calculó la cantidad de agua a utilizaren relación a la humedad.

**Tabla 2:**

*Estado Natural*

Muestra	2500	2500	2500	2500
Humedad	7.0%	9.0%	11.0%	13.0%
Cant. Agua (ml)	175	225	275	325

*Nota:* Dosificación de las muestras en estado natural

**Figura 9:**

*Preparación de la muestra para ensayo de Proctor Modificado.*



*Nota:* Se preparó la muestra 24 horas antes de la compactación, la cantidad de la muestra utilizada fue de 2.5 Kg.

**Figura 10:**

*Compactación de la muestra*



*Nota:* Proceso de compactación de la muestra.

**Figura 11:**

*Pesada de la muestra húmeda.*



*Nota:* Antes de ingresar la muestra al horno, esta fue pesada en estado húmedo.

#### **2.2.4.1.5 Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)**

Se determinó el índice de resistencia de los suelos, este se utilizó para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante. Para este ensayo se necesitó lo siguiente (ASTM D-1883, 2009) (NTP 339.145):

- Molde de metal de forma cilíndrica de  $152.4 \text{ mm} \pm 0.66 \text{ mm}$  de diámetro interior y de  $177,8 \pm 0.46 \text{ mm}$  de altura.
- Collar de metal de 50.8 mm de altura
- Placa perforada con vástago
- Base del molde
- Disco espaciador de diámetro exterior 150.8 mm y un espesor de  $61.37 \pm 0.127 \text{ mm}$
- Sobrecargas
- Papel
- Enrasador
- Pisón de compactación

Paso 1 (Elaboración de muestras): Primero se preparó la muestra de 6 kg según las normas peruanas. Como la muestra de suelo no tuvo presencia de gravas, entonces se utilizó el tamiz N°4, con la muestra tamizada, se inició con la preparación de la muestra con la humectación, esto de acuerdo a la humedad obtenida en proctor modificado. Esta muestra dejó humedecida hasta el día siguiente para su compactación.

Paso 2: Seguidamente se pesó el molde con su plataforma principal, luego se le añadió la argolla y el disco espaciador, sobre este disco se le agregó el papel filtro, ya que la base tiene perforaciones para evitar que el suelo no se tape para futuros ensayos.

Paso 3 (Compactación): Luego se colocó la muestra (5 capas) y en cada molde se compactó con diferente energía. La energía de compactación fue controlada por el número de golpes por capa, como es un cohesivo el número de golpes fue de 56, 25 y 12 golpes por molde respectivamente.

Paso 4: Después de completar el prensado, se retiró la argolla y la muestra fue enrasada por medio de un enrasador. En seguida se desmontó el molde y se volvió a montar, sin

el disco espaciador, luego se colocó un papel filtro y finalmente pesó, el suelo compactado.

Paso 5 (Inmersión): Una vez que se terminó el proceso de compactación se continuó con la de inmersión, para ello primero se colocó en la superficie de la muestra invertida la placa perforada con el vástago, y sobre ella las dos pesas (pesa anular y pesa ranurada), que tienen un peso de 2.3 kg cada una.

Paso 6: Posteriormente, se volvió a poner la placa principal. Luego se preparó la muestra para el paso de remojo. De inmediato se colocó el trípode con el dial de deformaciones sobre el canto del molde y se fijó al vástago de la placa perforada, se tuvo en cuenta registrar la lectura antes de sumergir, esta lectura inició en cero y luego se retiró el trípode.

Paso 7 (Expansión): De inmediato se sumergió el molde en un charco de agua, con suficiente capacidad para la remojar los moldes en agua. Se dejará durante 4 días. En su periodo de inmersión se tomó lecturas con el deformímetro.

Paso 8: Por último, en el periodo de sumersión, se vuelve medir hinchazón con el deformímetro.

Paso 9: Además, pasado el tiempo de remojo, se retiró el molde del depósito, y se mantuvo en su sitio la placa y la posición de la sobrecarga. El molde se secó en su posición normal durante 15 min, luego se retiró la sobrecarga, la placa perforada y el papel de filtro.

Paso 10 (Penetración): Inmediatamente después se pesó el molde más el suelo y se continuó con la prueba de penetración. Donde colocó nuevamente la pesa anular de sobrecarga sobre la muestra igual a las usadas durante el remojo. En seguida se llevó la muestra al dispositivo de carga y se colocó el pisón de penetración. Se aplicó una carga de 50N y se colocó el dial de deformación y el indicador de presión del anillo de carga en cero.

Paso 11: Seguidamente se aplicó sobre el pisón de penetración una carga con una velocidad de penetración uniforme de 0.05" por min. La velocidad se controló por tiempo con un cronómetro.

Paso 12: Por último, se desarmó el molde y se la muestra penetrada es pesada en un recipiente la cual luego fue ingresada al horno, esto con el fin de obtener y controlar el contenido de humedad.

### **Dosificación de la muestra**

Este ensayo se ejecutó en laboratorio, siguiendo lo establecido en la norma (MTC E132, 2016). Para la realización de este ensayo, fue necesario los datos obtenidos en el ensayo de Proctor Modificado. Para la preparación de muestras en estado natural se siguió lo establecido en las normas y se calculó de la siguiente manera:

➤ Estado Natural

Se utilizó tres muestras de 6 kg cada una para realización de ensayo, con un contenido de humedad óptima de 8.3 %.

### **Tabla 3:**

#### *Estado natural*

Muestra	6000
Humedad	8.3%
Cant. Agua	495.60 ml

*Nota:* Dosificación de agua para la muestra de CBR

### **Figura 12:**

#### *Preparación de la muestra para CBR.*



*Nota:* Se preparó 6 kg de muestra, para la prueba de CBR.

**Figura 13:**

*Compactación de la muestra de CBR*



*Nota:* Se realizó la compactación de las muestras con 56 goles, 25 golpes y 12 golpes.

**Figura 14:**

*Enrasado de la muestra de CBR*

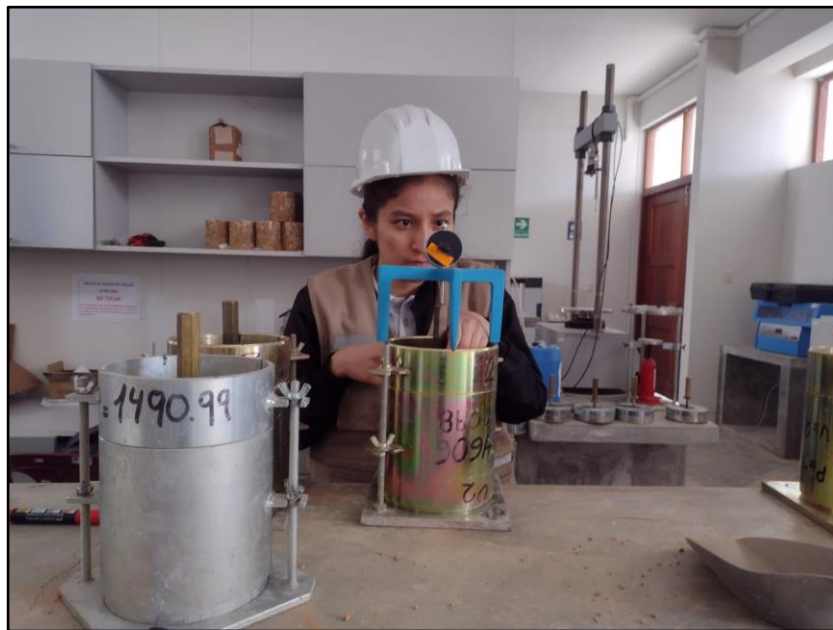


*Nota:* Después de la compactación se enrasó la muestra para que así este uniforme de acuerdo al molde.



**Figura 15:**

*Nivelación con el deformímetro.*



*Nota:* Antes de la inmersión de las probetas esta tuvieron que estar niveladas para así medir cada día la expansión.

**Figura 16:**

*Muestras en inmersión*



*Nota:* Las probetas se dejaron 4 días en inmersión.

**Figura 17:**

*Prueba de CBR*



*Nota:* Se realizó la prueba en la máquina de CBR.

#### 2.2.4.2. Determinación de las propiedades físicas y químicas del silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

Silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) también conocido como vidrio soluble, es un agente catalizador, soluble en agua, este puede encontrarse en estado líquido o en estado sólido. Este componente químico tendrá propiedades impermeabilizante y propiedades que evitar la erosión del material, entre las ventajas de este aglutinante esta su alta resistencia a la temperatura, ácidos, su facilidad de manejo, seguridad y su bajo costo. El silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) tiene las siguientes (Elmannaey, 2021).

**Tabla 4:**

*Propiedades fisicoquímicas del silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ).*

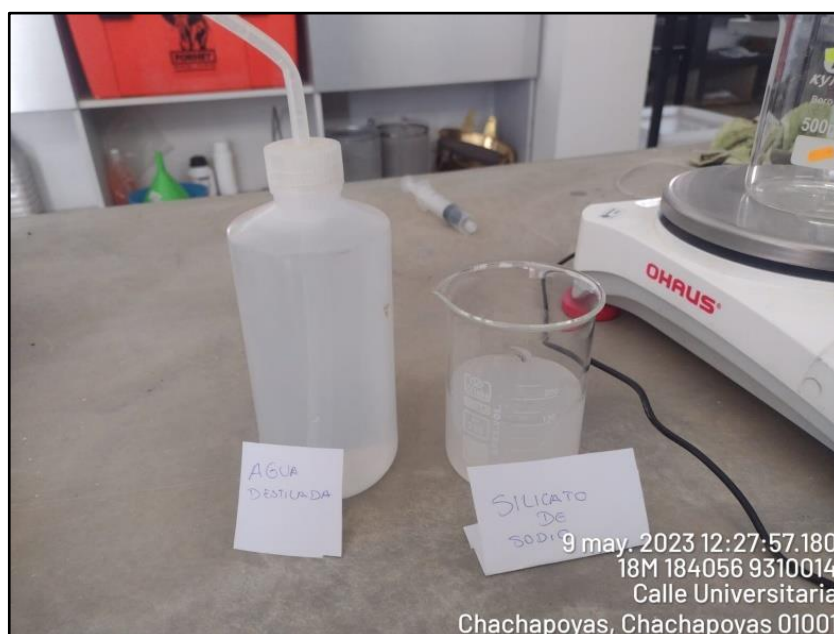
<b>Propiedad</b>	
<b>Estado físico</b>	Líquido semitransparente y viscosa
<b>Color y olor</b>	Incoloro e inodoro
<b>pH a 20°C</b>	0°Bé-54°Bé
<b>Solubilidad en agua</b>	100% soluble
<b>Densidad a 20°C:</b>	40°Bé-54°Bé
<b>Gravedad específica</b>	1.394-1.593
<b>Punto de Congelación</b>	-1°C (30°F)
<b>Punto de ebullición</b>	101°C-102°C (214°F-216°F)
<b>Viscosidad a 20°C</b>	65 cps
<b>Presión a vapor a 20°C</b>	No determinada

*Nota:* Proquinsa Productos Químicos Industriales S.A (2022)

Este aditivo químico se le agregó a los diferentes especímenes de suelo, en sus diferentes dosificaciones; en este caso para el silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) tuvo las siguientes dosificaciones de 4%, 8% y 12%. Después de las dosificaciones a cada testigo se realizó los debidos ensayos requeridos para mejorar la capacidad portante de la subrasante (Javadzadeh, 2021).

## Figura 18:

### *Silicato de sodio*



*Nota:* Se utilizó silicato de sodio y agua destilada para la dosificación de cada muestra.

#### ***2.2.4.2.1 Ensayo de Proctor modificado***

##### ***Dosificación de las muestras adicionando Silicato de sodio***

Este ensayo se ejecutó en laboratorio, siguiendo lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales (MTC E115, 2016). Con la finalidad de determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco que posee el suelo, ejecutándose con una energía de compactación de  $2700 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ . Para el ensayo se utilizó el “Método A”, ya que fueron suelos sin presencia de gravas. Para la preparación de las muestras con las dosificaciones de silicato de sodio, se siguió lo establecido en Manual de Ensayo de Materiales (MTC E115, 2016) y se calculó de la siguiente manera:

##### ➤ Dosificación de 4%

Se utilizó cuatro muestras para realizar el ensayo de Proctor Modificado, con sus respectivas humedades para así poder obtener la humedad óptima, adicionando silicato de sodio. El cálculo del silicato de sodio está en relación a la cantidad de agua que se utilice.

**Tabla 5:***4% de silicato de sodio*

Muestra	2500	2500	2500	2500
Humedad	5.0%	7.0%	9.0%	11.0%
Cant. Agua (ml)	125	175	225	275
Silicato de sodio +	15	21	27	33
Agua (ml)	110	154	198	242

*Nota:* Dosificación de la muestra, con sus respectivas humedades.

## ➤ Dosificación de 8 %

Se utilizó 4 muestra de suelo para el ensayo, con sus respectivas humedades para así poder obtener la humedad óptima, adicionando silicato de sodio. El cálculo del silicato de sodio está en relación a la cantidad de agua que se utilice.

**Tabla 6:***8% de silicato de sodio*

Muestra	2500	2500	2500	2500
Humedad	2.0%	4.0%	6.0%	8.0%
Cant. Agua (ml)	50	100	150	200
Silicato de sodio +	6	12	18	24
Agua (ml)	44	88	132	176

*Nota:* Dosificación de la muestra, con sus respectivas humedades.

## ➤ Dosificación de 12 %

Se utilizó 4 muestra de suelo para el ensayo, con sus respectivas humedades para así poder obtener la óptima, además se les adicionó silicato de sodio. El cálculo del silicato de sodio está en relación a la cantidad de agua que se utilice.

**Tabla 7:***12% de silicato de sodio*

Muestra	2500	2500	2500	2500
Humedad	6.0%	8.0%	10.0%	12.0%
Cant. Agua (ml)	150	200	250	300
Silicato de sodio +	18	24	30	36
Agua (ml)	132	176	220	264

*Nota:* Dosificación de la muestra, con sus respectivas humedades

#### 2.2.4.2.2 Ensayo de CBR

##### Dosificación de las muestras adicionando silicato de sodio

Este ensayo se ejecutó en laboratorio, siguiendo lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales (MTC E132, 2016). En este ensayo, fue necesario los resultados obtenidos en el ensayo de Proctor Modificado, para la preparación de muestras con las dosificaciones de silicato de sodio, se siguió lo establecido en las normas y se calculó de la siguiente manera:

➤ Dosificación de 4%

Se utilizó tres muestras de 6 kg cada una para realización de ensayo, con un contenido de humedad optima de 8.3%, además se les adicionó silicato de sodio (4%). El cálculo del silicato de sodio, estuvo en relación a la humedad con la que se trabajó para preparar la muestra.

**Tabla 8:**

*4% de silicato de sodio-CBR*

Muestra	6000
Humedad	8.3%
Cant. Agua (ml)	495.60 MI
Silicato de sodio + Agua (ml)	19.82 ml S.S 475.78 ml Agua

*Nota:* Dosificación de 4% de silicato de sodio agregado a la muestra inalterada.

➤ Dosificación de 8%

Se utilizó tres muestras de 6 kg cada una para realización de ensayo, con un contenido de humedad optima de 7.7%, además se les adicionó silicato de sodio (12%). El cálculo del silicato de sodio, estuvo en relación a la humedad con la que se trabajó para preparar la muestra.

**Tabla 9:***8% de silicato de sodio-CBR*

Muestra	6000
Humedad	7.7%
Cant. Agua (ml)	462.60 ml
Silicato de sodio + Agua (ml)	37.01 ml S.S
	425.59 ml Agua

*Nota:* Dosificación de 8% de silicato de sodio agregado a la muestra inalterada.

## ➤ Dosificación de 12%

Se utilizó tres muestras de 6 kg cada una para realización de ensayo, con un contenido de humedad optima de 9.3%, además se les adicionó silicato de sodio (12%). El cálculo del silicato de sodio, estuvo en relación a la humedad con la que se trabaja para preparar la muestra.

**Tabla 10:***12% de silicato de sodio-CBR*

Muestra	6000
Humedad	9.3%
Cant. Agua (ml)	560.40 ml
Silicato de sodio + Agua (ml)	67.25 ml S.S
	493.15 ml Agua

*Nota:* Dosificación de 12% de silicato de sodio agregado a la muestra inalterada.

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Propiedades físicas y mecánicas del suelo natural

##### 3.1.1 Resultados del ensayo de contenido de humedad

**Tabla 11:**

*Contenido de humedad de la muestra*

DESCRIPCION	
Masa de la tara (g)	353.7
Masa de la tara (g) + muestra húmeda (g)	3840.9
Masa de la tara (g) + muestra seca (g)	3101.6
Masa del agua contenida (g)	739.2
Masa de la muestra seca (g)	2747.9
<b>Contenido de Humedad (g)</b>	<b>27%</b>

*Nota:* Contenido de humedad que tuvo la muestra de suelo inalterada, fue de 27% de humedad.

##### 3.1.2 Resultados del ensayo de granulometría

**Tabla 12:**

*Granulometría de la muestra de suelo*

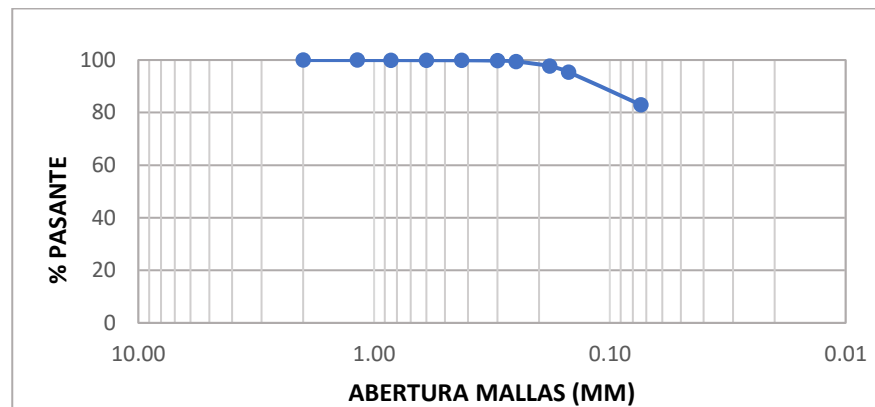
Malla	Abertura (mm)	Peso Ret. (g)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Pasante
N° 10	2.000	0.110	0.011	0.011	99.99
N° 16	1.180	0.100	0.010	0.021	99.98
N° 20	0.850	0.150	0.015	0.036	99.96
N° 30	0.600	0.280	0.028	0.064	99.94
N° 40	0.425	0.420	0.042	0.106	99.89
N° 50	0.300	1.260	0.126	0.232	99.77
N° 60	0.250	3.210	0.321	0.553	99.45
N° 80	0.180	17.710	1.771	2.324	97.68
N° 100	0.150	22.350	2.235	4.559	95.44
N° 200	0.074	124.790	12.479	17.038	82.96
<b>Pasante</b>		829.620	82.962	100.000	0.000
<b>TOTAL</b>		1000.000			

*Nota:* Porcentajes pasantes de la muestra, donde se obtuvo que el 99.99% pasa la malla N°10 y el 82.96% pasa la malla N°200, esta última solo retuvo un 17.038% de la muestra de 1000Kg.



**Figura 19:**

*Curva granulométrica*



*Nota:* Tamaño de partículas que pasaron la malla, según el tamaño de la abertura de la malla. Donde la muestra de suelo inalterado tuvo el mayor porcentaje de partículas finas.

### 3.1.3 Resultados de Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg nos indican la calidad del suelo, tales como el Límite Líquido, el límite plástico e índice de plasticidad. Estos límites, sumado con el análisis granulométrico nos permiten clasificar al suelo.

#### ➤ Límite Líquido

Según lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales (MTC E110, 2016).

**Tabla 13:**

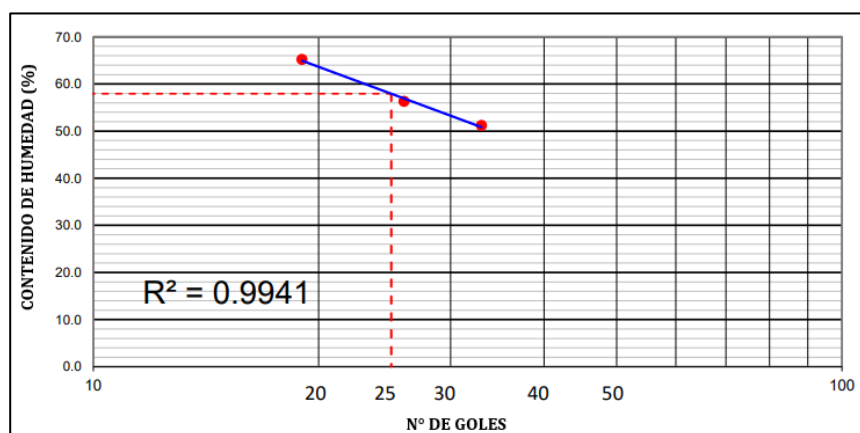
*Determinación del límite líquido en cada intervalo*

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		
	1	2	3
ENSAYO N°			
TARRO N°	110	21	60
PESO TARRO + SUELO HÚMEDO, g	31.95	31.98	31.61
PESO TARRO + SUELO SECO, g	27.6	28.05	27.96
PESO AGUA, g	11.02	10.91	10.78
PESO TARRO, g	20.93	21.07	20.83
PESO SUELO SECO, g	6.67	6.98	7.13
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	65.22	56.30	51.19
NÚMERO DE GOLPES	19	26	33

*Nota:* Los tres intervalos obtenidos son: 19, 26, 33 golpes, con contenidos de humedad de 65.22%, 56.30% y 51.19% respectivamente.

**Figura 20:**

*Gráfica de Límite Líquido*



*Nota:* De acuerdo al número de golpes y lo establecido en las normas se obtiene que con 25 golpes el límite líquido de este suelo es de 58%

➤ **Límite Plástico**

De la muestra extraída de esta calicata se obtuvo las humedades de 20.11% y 20.43% que al promediarse se consiguió un límite plástico de 20% de contenido de humedad. Se siguió todo el procedimiento según el Manual de Ensayo de Materiales (MTC E111, 2016).

**Tabla 14:**

*Determinación del límite plástico*

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	
<b>ENSAYO N°</b>			
<b>TARRO N°</b>	56	600	
<b>PESO TARRO + SUELO HÚMEDO, g</b>	28.92	28.91	
<b>PESO TARRO + SUELO SECO, g</b>	27.79	27.77	
<b>PESO AGUA, g</b>	6.75	6.72	
<b>PESO TARRO, g</b>	22.17	22.19	
<b>PESO SUELO SECO, g</b>	5.62	5.58	<b>PROM</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD, %</b>	20.11	20.43	20

*Nota:* De los dos intervalos se obtuvo humedades 20.11% y 20.43% que al promediarse dieron como resultado que el límite plástico fue de 20%.

➤ **Índice de plasticidad**

Fue la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, la cual de la se obtuvo como resultado 38%.

**3.1.4 Clasificación del suelo según USCS Y AASHTO**

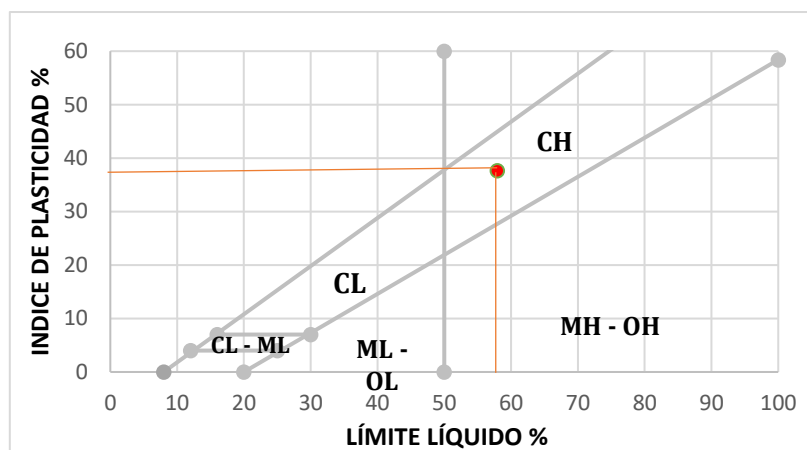
**Tabla 15:**

*Datos Generales*

Humedad	% Pasante de la malla N°200	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plástico
27%	83	58	20	38

*Nota:* Resultados obtenidos de los ensayos preliminares, que se utilizó para clasificar el suelo por el método USCS y método ASSHTO.

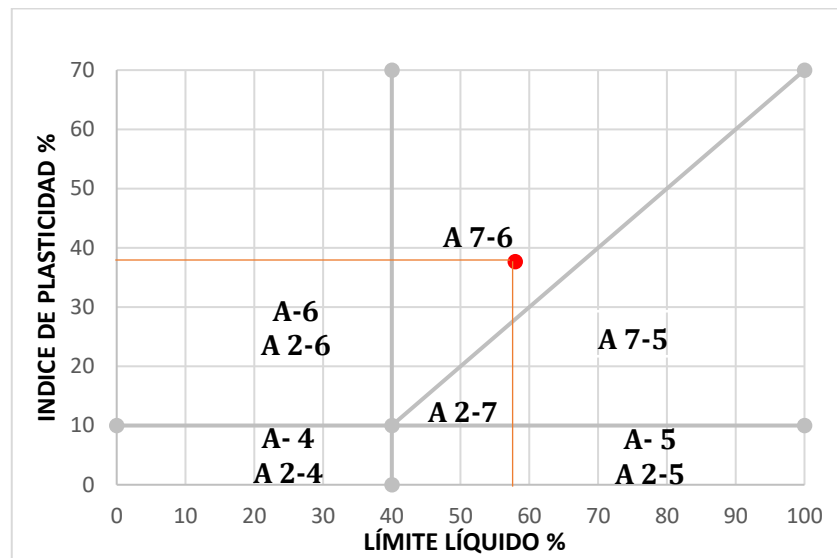
**Figura 21:** Resultado de la clasificación USCS



*Nota:* Con un límite líquido de 58% y un índice plástico de 38% se tuvo suelo CH que es una arcilla inorgánica de altamente plástica.

**Figura 22:**

*Resultados de la clasificación AASTHO*



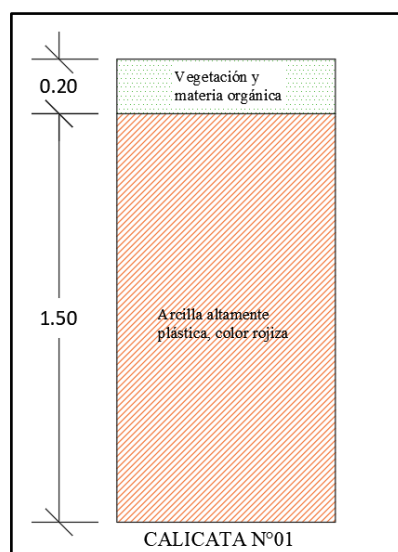
*Nota:* Con un límite líquido de 58% y un índice plástico de 38% se tuvo un suelo A7-6 que es una arcilla de alta compresión y cambio de volumen.

### 3.1.5 Resultados de la Estratigrafía de la calicata

El suelo encontrado en el lugar fue una arcilla altamente plástica, de color rojiza.

**Figura 23:**

*Estrato de la calicata*



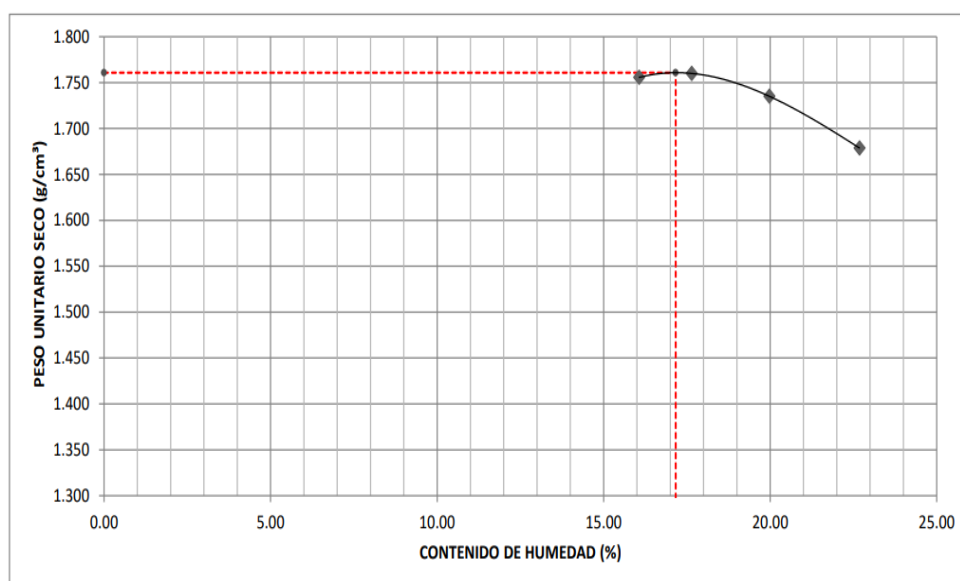
*Nota:* Estratigráfica de la calicata, donde se evidenció un solo estrato. Se describe a este estrato como una arcilla altamente plástica de color rojiza.

### 3.1.6 Resultado del ensayo de Proctor Modificado en estado natural.

El método empleado para el ensayo de proctor modificado fue el Método A, pues se describe que si el material retenido sobre el tamiz 4.75mm (#4) es el 20% o menos, entonces se debe proseguir con el método. Por consiguiente, se prosiguió en utilizar el método A, ya que el porcentaje pasante de la malla #4 fue del 100%.

**Figura 24:**

*Gráfica de proctor modificado de la muestra en estado natural*



*Nota:* Resultados obtenidos del laboratorio Suelos y Pavimentos de la UNTRM. De la gráfica se tiene como resultado que el peso unitario seco es de 1.761 g/cm<sup>3</sup>, con una humedad óptima de compactación de 17.16 %.

### 3.1.7 Resultados del ensayo de CBR (Capacidad de Soporte del suelo)

**Tabla 16:**

*Resultados de CBR de la muestra en estado natural.*

	CBR	CBR Repetecion 1	CBR Repetecion 2	CBR Repetecion 3
<b>ESTADO NATURAL</b>	3.4	3.6	3.2	3.6

*Nota:* Los resultados obtenidos de las pruebas de CBR a la muestra inalterada, oscilan entre 3.2 - 3.6, clasificándole como una subrasante arcillosa, mala para el uso ingenieril.

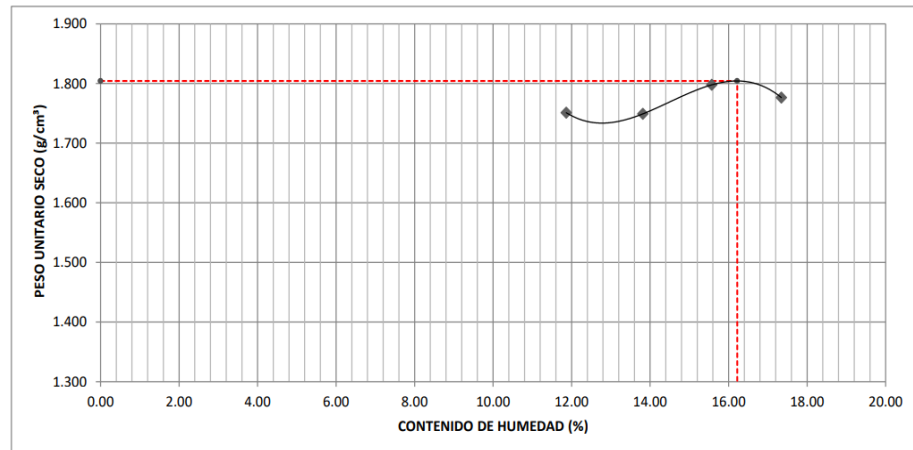
### 3.2 Evaluación de las propiedades mecánicas del suelo adicionado con silicato de sodio

#### 3.2.1 Resultados del ensayo de Proctor Modificado adicionando silicato de sodio

- **Dosificación 4%**

**Figura 25:**

*Gráfica de proctor modificado con 4% de silicato de sodio.*

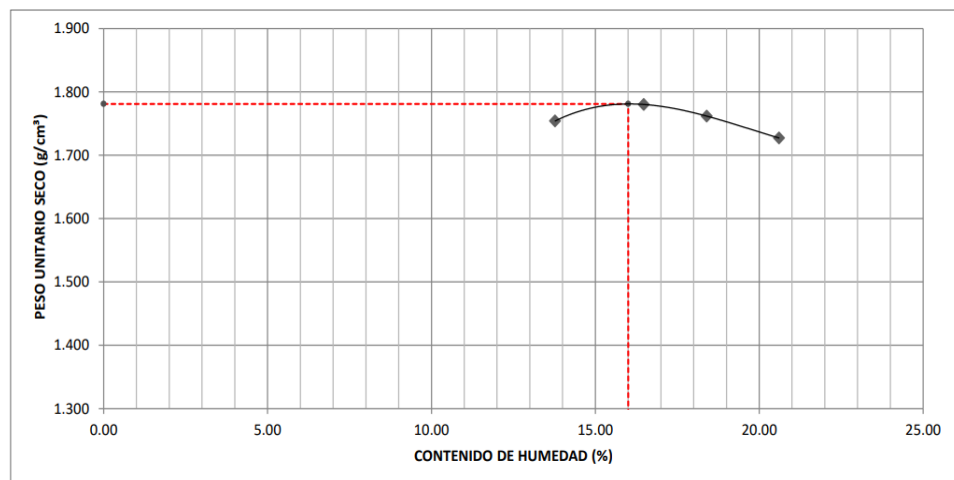


*Nota:* Resultados obtenidos del laboratorio de Suelos y Pavimentos de la UNTRM. De la gráfica se tiene como resultado que el peso unitario seco es de  $1.804 \text{ g/cm}^3$ , con una humedad óptima de compactación de 16.22%.

- **Dosificación 8%**

**Figura 26:**

*Gráfica de proctor modificado con 8% de silicato de sodio.*

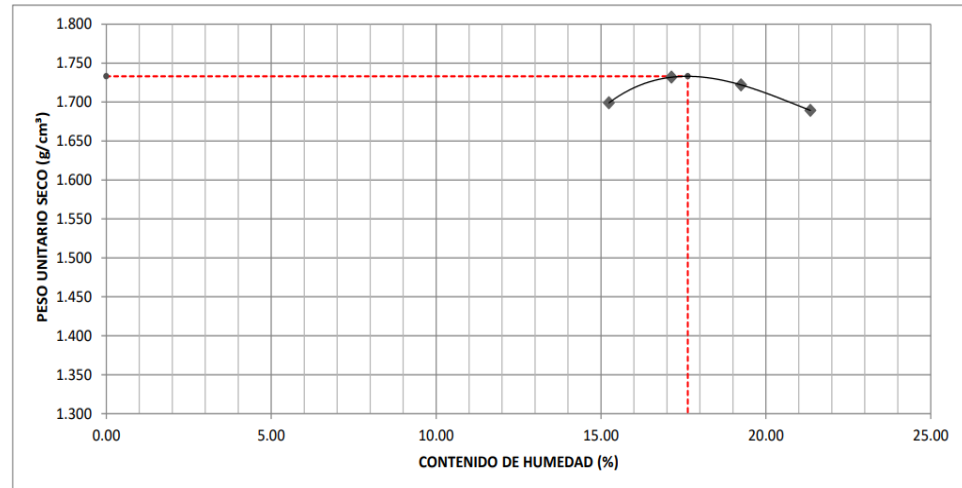


*Nota:* Resultados obtenido del laboratorio de Suelos y Pavimentos de la UNTRM. De la gráfica se tiene como resultado que el peso unitario seco es de  $1.781 \text{ g/cm}^3$ , con una humedad optima de compactación de 16.00 %.

- **Dosificación 12%**

**Figura 27:**

*Gráfica de proctor modificado con 12% de silicato de sodio.*

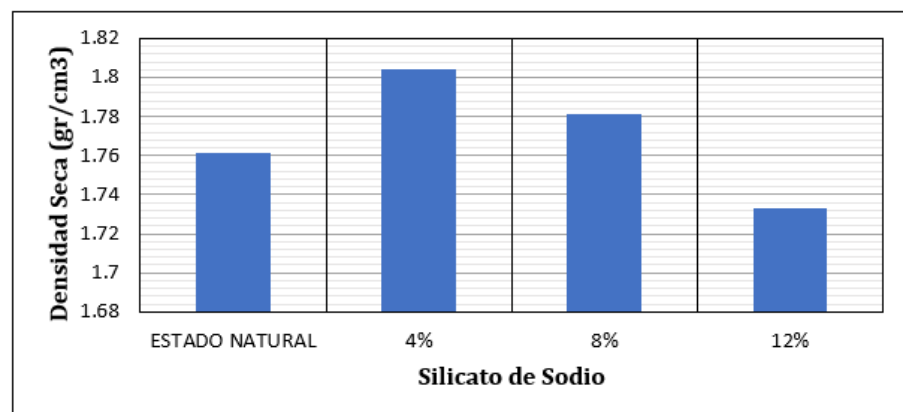


*Nota:* Resultados obtenido de laboratorio de la UNTRM. De la gráfica se tiene como resultado que el peso unitario seco es de  $1.733 \text{ g/cm}^3$ , con una humedad optima de compactación de 17.61%.

### 3.2.1.1 Comparación de los resultados del ensayo de Proctor Modificado

**Figura 28:**

*Gráfica comparativa de silicato de sodio*



*Nota:* Se muestra la comparación de densidad seca entre las 3 dosificaciones de silicato de sodio y la que esta no tiene ningún aditivo (estado natural).

De los resultados obtenidos se puede observar que, para un suelo arcilloso altamente plástico, el silicato de sodio eleva su densidad seca en las dosificaciones de 4% y 8%, aumentando a 0.043 g/cm<sup>3</sup> y 0.02 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente en contraste con el que no tiene ningún porcentaje de aditivo. Mientras que en porcentajes de 12% este disminuye en 0.028 g/cm<sup>3</sup> por debajo de la condición natural.

### 3.2.2 Resultados del ensayo de CBR (*Capacidad de Soporte del suelo*)

Para la ejecución de este ensayo se realizó con las respectivas dosificaciones de silicato de sodio, además se realizó 3 repeticiones a cada una.

- **Dosificación 4%**

**Tabla 17:**

*Resultado de CBR con 4% de silicato de sodio*

DOSIFICACION DE SILICATO DE SODIO	CBR	CBR Repetición 1	CBR Repetición 2	CBR Repetición 3
4%	1.1	2.0	2.0	2.0

*Nota:* Se muestra los resultados de CBR que oscilan entre 1.1 – 2.0, siendo estos resultados menores a los resultados de CBR de la muestra inalterada.

- **Dosificación 8%**

**Tabla 18:**

*Resultado de CBR, con 8% de silicato de sodio*

DOSIFICACION DE SILICATO DE SODIO	CBR	CBR Repetición 1	CBR Repetición 2	CBR Repetición 3
8%	2.0	1.7	1.4	4.7

*Nota:* Se muestra los resultados de CBR que oscilan entre 1.4 – 2.0, siendo el 4.7 el único CBR más alto con respecto a la muestra inalterada, pero aun así no cumple con el CBR mínimo requerido.



- **Dosificación 12%**

**Tabla 19:**

*Resultado de CBR, con 12% de silicato de sodio*

<b>DOSIFICACION DE SILICATO DE SODIO</b>	<b>CBR</b>	<b>CBR Repetición 1</b>	<b>CBR Repetición 2</b>	<b>CBR Repetición 3</b>
<b>12%</b>	2.0	1.5	2.3	2.4

*Nota:* Se muestra los resultados de CBR que oscilan entre 1.5 – 2.4, siendo estos resultados menores a los resultados de CBR de la muestra inalterada.

### 3.2.2.1 Comparación de los resultados del ensayo de CBR

**Tabla 20:**

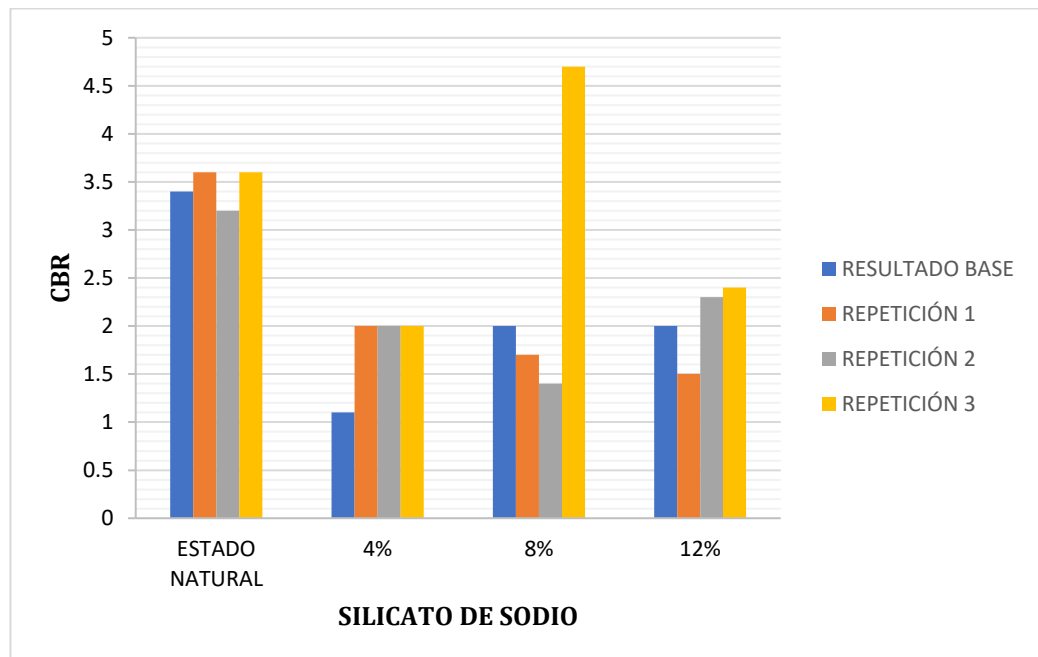
*Comparación de resultados de CBR*

<b>DOSIFICACION DE SILICATO DE SODIO</b>	<b>CBR</b>	<b>CBR Repetición 1</b>	<b>CBR Repetición 2</b>	<b>CBR Repetición 3</b>
<b>ESTADO NATURAL</b>	3.4	3.6	3.2	3.6
<b>4%</b>	1.1	2.0	2.0	2.0
<b>8%</b>	2.0	1.7	1.4	4.7
<b>12%</b>	2.0	1.5	2.3	2.4

*Nota:* Se muestra los resultados de CBR en estado natural, y CBR con las dosificaciones respectivas.

**Figura 29:**

*Gráfica comparativa de resultados de CBR vs el % de silicato*



*Nota:* Se muestra la comparativa de CBR del primer resultado base, en contraste con las 3 repeticiones.

De los resultados de CBR obtenidos se describe los siguiente:

- Del CBR en estado natural (sin aditivo), se muestra que este no ha sido mayor a 3.6% ni menor a 3.2%, esto debido a que es una arcilla altamente plástica, que según las normas estas están situadas entre 0% a 3% de CBR, convirtiéndolas en un suelo muy malo para la ingeniería.
- Del CBR, adicionado un 4% de silicato de sodio se puede observar que disminuye el CBR en contraste con la muestra inalterada, en el primer resultado se observa que disminuye a 1.1%, y en las últimas tres repeticiones siguientes solo llega a 2% de CBR.
- Del CBR, adicionado un 8% de silicato de sodio se puede observar que disminuye el CBR en contraste con la muestra inalterada, en el primer resultado se observa que disminuye a 2%, y en las dos primeras repeticiones disminuye a 1.7% y 1.4% respectivamente. Pero caso contrario de la última repetición que se observa que aumenta a 4.7% en comparación con el CBR natural, sin embargo,

este suelo sigue siendo aún malo, puesto que se considera bueno cuando el CBR es mayor a 6%.

- Del CBR, adicionado un 12% de silicato de sodio se puede observar que disminuye el CBR en contraste con el que no tiene aditivo, en el primer resultado se observa que disminuye a 2%, y en las siguientes repeticiones el CBR disminuye a 1.5%, 2.3% y 2.4% respectivamente.

### 3.3 Evaluación estadística de los resultados CBR, adicionado Silicato de Sodio.

#### 3.3.1 Análisis de varianza

Mediante este análisis se busca comparar los promedios o medias de los resultados de las muestras obtenidas de las dosificaciones de silicato de sodio, como también las muestras en estado natural.

**Tabla 21:**

*Datos para el análisis de varianza*

Nro Rep.	CBR - DOSIFICACIÓN			
	0%	4%	8%	12%
1	3.4	1.1	2	2
2	3.6	2	1.7	1.5
3	3.2	2	1.4	2.3
4	3.6	2	4.7	2.4
<b>Media=</b>	3.45	1.77	2.45	2.05

*Nota:* Se muestra los resultados de CBR y el número de repeticiones por cada dosificación, también se muestra el promedio por cada dosificación, siendo el CBR de la muestra inalterada el mayor.

### Figura 30:

#### *Análisis de varianza*

Statistix 8.0		F, 15/10/2023, 14:07:36			
<b>Analysis of Variance Table for CBR</b>					
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>SS</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Concentra	3	6.4569	2.15229	3.17	0.0635
Error	12	8.1375	0.67813		
Total	15	14.5944			
Grand Mean	2.4312	CV	33.87		

*Nota:* Análisis de Varianza realizado mediante el programa Statistix 8.0, donde el  $F=3.17$  y  $P\text{-Value}=0.0635$ .

#### **Simbología:**

**DF:** Grados de libertad

**SS:** Suma de cuadrados

**MS:** cuadrado medio

**F:** Estadístico F

**P:** Probabilidad de que  $H_0$  sea verdadera

- ✓ Resultados del Análisis de Varianza por CBR de todas las concentraciones. Como el Coeficiente de Variabilidad de los datos: CV es  $33.87\% < 35\%$ , entonces los datos medidos de CBR son confiables, entonces las conclusiones son válidas.
- ✓  $P\text{-Value} = 0.0635$  para la dependencia con las diferentes concentraciones y como es mayor a 0.05 significa que no hay diferencia significativa entre todos los datos; es decir los valores del CBR no cambian significativamente para las diferentes concentraciones.

### 3.3.2 Método Tukey

Como no hay diferencia significativa entre los valores del CBR, con la prueba de Tukey, se evidenció los grupos homogéneos.

#### Figura 31:

*Prueba de Tukey*

```
Statistix 8.0 F, 15/10/2023, 16:11:29
Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CBR for Concentra
Concentra      Mean Homogeneous Groups
      1  3.4500  A
      3  2.4500  A
      4  2.0500  A
      2  1.7750  A
Alpha          0.05      Standard Error for Comparison  0.5823
Critical Q Value  4.199      Critical Value for Comparison  1.7291
Error term used: Error, 12 DF
There are no significant pairwise differences among the means.
```

*Nota:* Prueba de Tukey realizado mediante el programa Statistix 8.0

Con la prueba de comparación de Tukey de los valores del CBR con respecto a las concentraciones, se observó que el mayor valor medio fue de 3.45%, corresponde a la muestra inalterada (0 % Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). Asimismo, se demostró que los valores medios del CBR disminuyen para las concentraciones de 4%, 8% y 12% y no influyen significativamente los diferentes porcentajes de concentración de Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> en el CBR; por lo que existe un solo grupo homogéneo (A)

## **IV. DISCUSIÓN**

### **4.1 Máxima densidad seca**

Según el ensayo Compactación Proctor Modificado realizado al suelo arcilloso más el aditivo silicato de sodio en dosificaciones de 4%, 8% y 12%, con el cual se obtuvo la máxima densidad seca, donde se observó que hubo un aumento relativo de  $1.804 \text{ g/cm}^3$  y  $1.781 \text{ g/cm}^3$  en las dosificaciones de 4% y 8% respectivamente, en cambio con la dosificación de 12%, disminuye relativamente a  $1.733 \text{ g/cm}^3$ ; esto con respecto al resultado obtenido de la muestra inalterada que fue de  $1.761 \text{ g/cm}^3$ . Con esto se difiere con lo planteado por Avellaneda y Galindo (2016) en su investigación realizada a un suelo arcilloso adicionando silicato de sodio en dosificaciones de 2%, 4%, 6%, 8%, 10% y 12% con el ensayo de Compactación Proctor Modificado donde obtuvieron como resultados los siguientes:  $1.53 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.55 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.57 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.57 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.58 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.59 \text{ g/cm}^3$  respectivamente, siendo estos resultados mayores que la muestra inalterada que fue de  $1.52 \text{ g/cm}^3$ . Esta discrepancia de resultados entre las investigaciones citadas, se debe principalmente a la humedad de la muestra, pues a mayor humedad su densidad máxima seca descenderá. En la investigación de Avellaneda y Galindo (2016), la humedad para cada dosificación fue descendiendo, por ende, la densidad máxima seca fue aumentando relativamente, caso contrario de la investigación realizada que en la dosificación de 12%, la humedad de la muestra aumento y por ende su densidad máxima seca disminuyó.

### **4.2 Capacidad portante del suelo**

Según en el ensayo de CBR realizado al suelo arcilloso adicionando el silicato de sodio en dosificaciones de 4%, 8% y 12%, se observó que el CBR con las dosificaciones de silicato de sodio disminuyen, teniendo como resultados de 1.77%, 2.45%, 2.05% respectivamente; mientras que el CBR de la muestra inalterada fue de 3.45%. Con esto se concuerda con la investigación de Kalyan y Sivanarayana (2022) en donde estuvieron como resultado que el CBR de la muestra inalterada fue de 2.86%, pero adicionando el silicato de sodio en dosificaciones de 3%, 4.5% y 6%, obtuvieron el CBR de 2.42%, 1.98% y 1.98% respectivamente. Las investigaciones citadas tienen una similitud en los resultados obtenidos, aunque se difiere en las dosificaciones, pues Kalyan y Sivanarayana (2022), obtuvieron un limo inorgánico altamente plástico, en comparación de arcilla inorgánica altamente plástica de la investigación. Además, ambas investigaciones

obtuvieron como resultados que al adicionar silicato de sodio a la muestra inalterada este disminuye el CBR, no llegando a cumplir con el CBR mínimo requerido para una subrasante.

Por otra parte, se difiere con la investigación de Lopez (2021) que mediante el ensayo de CBR a la muestra inalterada, obtuvo como resultado 5.9%, y para las muestras que se adicionó de silicato de sodio en dosificaciones de 4%, 6%, 8% y 10%, en donde obtuvo como resultados de CBR 28.9%, 39.4%, 45.4% y 35.3% respectivamente. Esta diferencia de resultados se debe principalmente al tipo de suelo, pues en la investigación desarrollada se trató a una arcilla inorgánica altamente plástica y en la investigación de Lopez (2021) se trató con una arcilla inorgánica de baja plasticidad; sabiendo que los suelos arcillosos tienen comportamientos particulares, tales como el excesivo cambio volumétrico y alta deformabilidad.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ La subrasante tuvo un contenido de humedad de 27%, una granulometría con 17% de arenas y un 83% de arcillas y un índice de plasticidad de 38%, siendo estas las principales características de una arcilla. Según la metodología UCSC se clasifica como una arcilla inorgánica altamente plástica (CH) y utilizando la metodología ASSHTO es un suelo arcilloso (A-7-6), además, se determinó la máxima densidad seca de la muestra inalterada que fue de  $1.761 \text{ g/cm}^3$  y su CBR que fue de 3.45%, considerándose así una subrasante arcillosa.
- ✓ Aplicando silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) en dosificaciones de 4%, 8%, y 12% la máxima densidad seca de la subrasante arcillosa fue de  $1.804 \text{ g/cm}^3$ ,  $1.781 \text{ g/cm}^3$  y  $1.733 \text{ g/cm}^3$  respectivamente; donde, los porcentajes de 4% y 8% aumentaron relativamente la densidad máxima seca, pero al 12% se disminuye. El CBR de la subrasante arcillosa fue de 1.77%, 2.45%, 2.05% para las dosificaciones de 4%, 8% y 12% respectivamente; por lo tanto, las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante arcillosa con aplicaciones porcentuales de silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) (4%, 8%, y 12%) no influyen en el CBR obtenidos no alcanzan los estándares mínimos de CBR requeridos y normados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú.
- ✓ La valoración estadística mediante análisis de varianza, determinó que los datos medidos de CBR son confiables, ya que no hay diferencia significativa entre todos los datos, es decir, los valores del CBR no cambian significativamente para las diferentes concentraciones. Luego, mediante el método Tukey, se determinó que los valores del CBR con respecto a las concentraciones, tuvieron como mayor valor medio 3.45%, correspondiendo a la muestra inalterada (0%  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ); asimismo, se demostró que los valores medios del CBR disminuyen para las concentraciones de 4%, 8% y 12% y no influyen significativamente los diferentes porcentajes de concentración de  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  en el CBR; por lo que existe un solo grupo homogéneo (A).



## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los futuros investigadores tener en cuenta las dosificaciones realizadas con el aditivo, ya que al aumentar la dosificación esta no es eficiente.
- Para futuras investigaciones que utilizaran silicato de sodio se recomienda realizar todos los ensayos de laboratorio correspondientes. De esta forma se evaluará sus propiedades físicas y mecánicas y su reacción ante este aditivo, ya que según el tipo de suelo puede variar su efectividad.
- Ejecutar los ensayos con las medidas de seguridad y control de calidad apropiados, para la obtención de resultados confiables.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

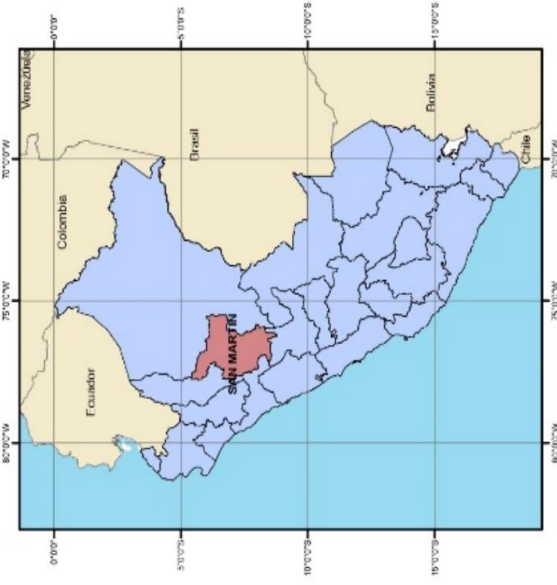
- Aluvihara, S. y Kalpage C.S. (2020). Particle Size Analysis of Different Clay Types and Investigation of their Important Characteristics. *Saudi Journal of Engineering and Technology*,5(4), 163-172. DOI: 10.36348/sjet.2020.v05i04.006
- Álvarez, B. y Rojas, L. (2020). *Aplicación de temáticas en ingeniería civil comparación de las alternativas de estabilización con cal, cemento, silicato de sodio y aceite sulfonado para vías terciarias con presencia de arcilla en la región de la Orinoquía*. (Tesis para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Santo Tomás). Repositorio institucional de la Universidad Santo Tomás. <https://orcid.org/0000-0002-1843-2501>
- ASTM International. (1998). ASTM Standard D2216. *ASTM D2216-98 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of soil and Rock by Mass*. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (1998). ASTM Standard D2487. *ASTM D2487-00 Standard Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2002). ASTM Standard D422. *ASTM D422-63 Standard Test Methods for Particle-Size Analysis of soils*. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2005). ASTM Standard D4318. *ASTM D4318-05 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos
- ASTM International. (2007). ASTM Standard D2166. *ASTM D2166-06 Standard Test Methods for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2012). ASTM Standard D1557. *ASTM D1557 -12 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m/m<sup>3</sup>))*. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2014). ASTM Standard D1883. *ASTM D1883-16 Standard Test Methods for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory -Compacted*. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos.
- ASTM International. (2014). ASTM Standard D854. *ASTM D854-14 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*. West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos.

- Avellaneda, E. A., & Galindo, J. C. (2016). *Análisis técnico del uso de silicato de sodio para estabilización química de suelos*. (Tesis para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Distrital Francisco José de Caldas). Repositorio institucional de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/3210>
- Cobos, G.; Eguibar, M.Á.; Torrijo, F.J. y Garzón-Roca, J. A. (2021). *Case Study of a Large Unstable Mass Stabilization: “El Portalet” Pass at the Central Spanish Pyrenees*. *Appl. Sci.*, 11, 7176. <https://doi.org/10.3390/app11167176>
- Cruz, M. P., & Martin Schmädke, Í. (2018). Estabilización de subrasante loésica con silicato de sodio líquido. *Revista De Geología Aplicada a La Ingeniería Y Al Ambiente*, (38), 39–43. Recuperado a partir de <https://www.editoresasagai.org.ar/ojs/index.php/rgaia/article/view/137>
- Elmannaey, A.S.; Fouad, H. E.E. y Youssef, Y.G. (2021). *Improvement of swelling chlorite soil using sodium silicate alkali activator: Ain Shams Engineering Journal*, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.10.019>
- Fazal, E. J.; Yong, X.; Babak, J.; Shazim, A. M. (2020). On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review. *Advances in Materials Science and Engineering*, 23. <https://doi.org/10.1155/2020/1510969>
- Gautam, S.; Hoyos, L.; He, S.; Prabakar, S. y Yu, X. (2020). Chemical Treatment of a Highly Expansive Clay Using a Liquid Ionic Soil Stabilizer. *Ingeniería Geotécnica y Geológica* 38, 4981–4993. <https://doi.org/10.1007/s10706-020-01342-1>
- Ikeagwuani, C.C. y Chimobi, D. (2019). Emerging trends in expansive soil stabilization. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* 11, 423-440. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.08.013> 1674-7755
- Instituto Nacional de Calidad (2019). *Método de ensayo de CBR (Relacion de soporte de california) de suelos compactados en el laboratorio*. (NTP 339.145:1999).
- Instituto Nacional de Calidad (2019). *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo* (NTP 339.127:1998).
- Instituto Nacional de Calidad (2019). *Método de ensayo para el análisis granulométrico* (NTP 339.128.1999).
- Instituto Nacional de Calidad (2019). *Método de ensayo para el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad* (NTP 339.129:1999).

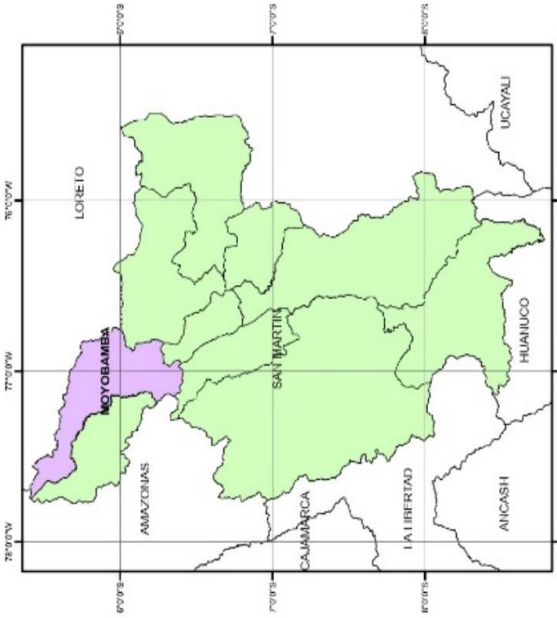
- Instituto Nacional de Calidad (2019). *Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700kN-m/m<sup>3</sup>(56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))(NTP 339.141:1999).*
- Javadzadeh, P. (2021). The Effects of sodium silicate on Stabilization of organic soil. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14), 1774-1782.
- López, A. D. (2021). *Silicato de sodio para la estabilización de suelos en la trocha La Menta Km 00+000 - Garabato Km 1+430 distrito de Las Lomas-provincia y departamento de Piura.* (Tesis para obtener el título de ingeniero civil, Universidad Nacional de Piura).  
Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Piura.  
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2704>
- Proquinsa Productos Químicos Industriales S.A (2022), Certificado de Análisis, Departamento de ventas.

## **ANEXOS**

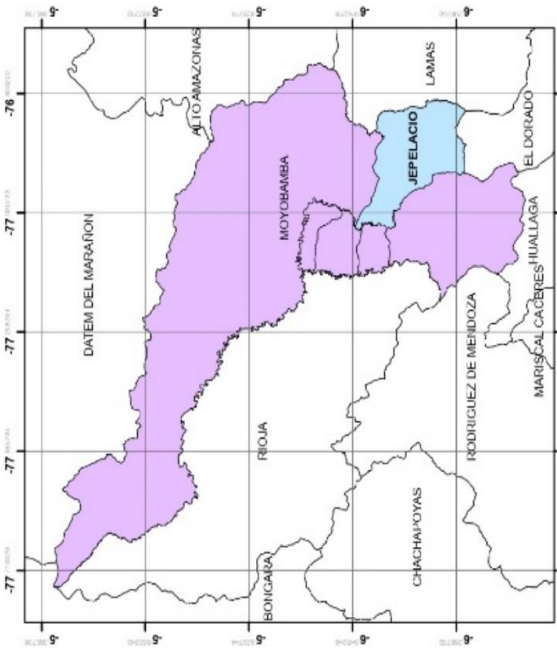
### **ANEXO 01: Mapa de ubicación de la calicata**



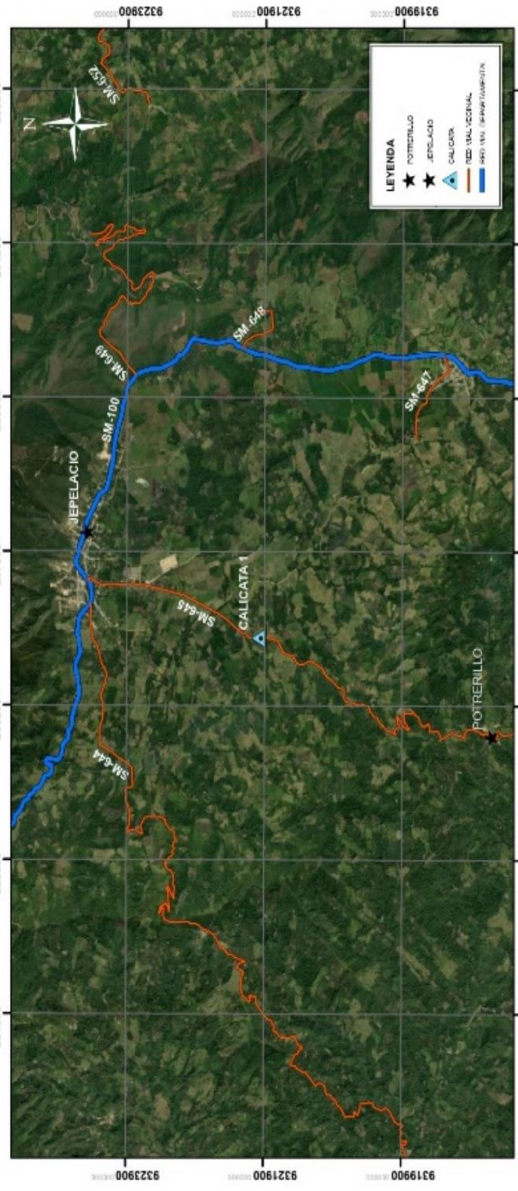
**MAPA DEPARTAMENTAL**  
1:18,000,000



**MAPA PROVINCIAL**  
1:3,000,000



**MAPA DISTRITAL**  
1:60,000



**UBICACION DE CALICATA**  
1:60,000

Tramo	Via	Distancia (km)	Tiempo
Jipelacio - Potrerillo	Vicinal - SM 645	7.40	01h 48 min
Recorrido total		7.40	0 h 48 min

Kilometro	Profundidad	Este	Norte
01+500	1.50 M	286673	9321983

TESIS: EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO	
Mapa	: Ubicación de la calicata N°1
Escala	: Indicada
Ubicación	: Distrito de Jipelacio, Provincia de Moyobamba, Departamento de San Martín
Proyección	: WGS84 - 18M

**ANEXO 02: Panel fotográfico**



### A. Obtención y transporte de la muestra al laboratorio

**Figura 32:**

*Obtención de muestra - Calicata N°1*



*Nota:* En las imágenes se visualiza la obtención de la muestra mediante una calicata (profundidad de 1.5m), de la cual se obtuvo 230 kg. La calicata de donde se obtuvo la muestra fue una carretera de bajo volumen de tránsito (IMD < 200 veh/día), ubicada en las coordenadas 286673 E y 9321983N (Zona 18M).

**Figura 33:**

*Muestra de suelo - Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la UNTRM.*



*Nota:* En las imágenes se visualiza la muestra de suelo obtenida de la calicata, la cual fue transportada al laboratorio de suelos y pavimentos de la UNTRM, para su posterior análisis.



## ***B. Ensayo para determinar el Contenido de humedad***

**Figura 34:**

*Contenido de humedad*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza la muestra de suelo húmedo la cual fue ingresada al horno para su secado. La fotografía de la derecha se visualiza al recipiente con el suelo húmedo ya ingresado al horno a temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  para su secado por 24 horas.

## ***C. Ensayo para el Análisis Granulométrico***

**Figura 35:**

*Pesado y lavado de la muestra*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza el pesado de 1 kg de suelo seco, que se utilizó para el análisis granulométrico. La fotografía de la derecha se visualiza el lavado de la muestra, que se hizo con el tamiz N°200.

**Figura 36:**

*Muestra lavada e ingresada al horno.*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza a la muestra de suelo ya lavada, luego esta muestra fue ingresada al horno a temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  para su secado por 24 horas como se visualiza en la fotografía de la derecha.

**Figura 37:**

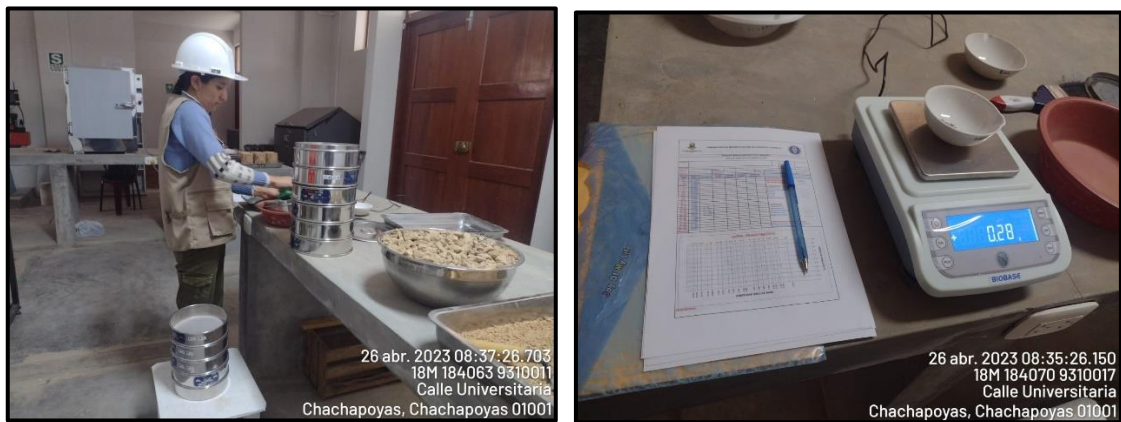
*Tamizado de la muestra*



*Nota:* En la fotografía se visualiza el tamizado de la muestra lavada seca, mediante un tamizador mecánico.

**Figura 38:**

*Pesado de la muestra tamizada.*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se muestra la obtención de material retenido en cada tamiz, que luego fue pesado y anotado en la ficha técnica como se visualiza en la fotografía de la derecha

#### ***D. Límites de Atterberg***

**Figura 39:**

*Tamizado de la muestra para el ensayo de Límites de Atterberg*



*Nota:* En las imágenes se muestra el tamizado del suelo con el tamiz N°40, donde la muestra de suelo pasante fue utilizada para el desarrollo del ensayo de límite plástico y límite líquido.



**Figura 40:**

*Limite liquido*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza la preparación de la muestra de suelo que se utilizó, luego el suelo amasado fue puesto a la cazuela de Casa Grande que ayudo para determinar el límite líquido, como se visualiza en la fotografía de la derecha.

**Figura 41:**

*Limite plástico*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza la realización de bastoncitos cilíndricos de 3.2mm y en la imagen de la derecha muestra los recipientes que contiene a los bastoncitos cilíndricos puesto en el horno a una temperatura constante  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, que ayudó a determinar el límite plástico.

### ***E. Ensayo de Proctor Modificado***

**Figura 42:**

*Preparación de la muestra de suelo*



*Nota:* En las imágenes se muestra la preparación del suelo para en ensayo de proctor modificado, donde se agrega agua y/o el silicato de sodio dosificado para humedecer la al suelo.

**Figura 43:**

*Compactación del suelo*



*Nota:* En las imágenes se visualiza a la muestra siendo compactado en un molde por un pisón en 5 capas de 56 golpes.

**Figura 44:**

*Enrasado y pesado de la muestra compactada.*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza a la muestra ya compactada en el molde y enrasada, que posteriormente fue pesada en la balanza electrónica, incluyendo el molde, como se visualiza en la fotografía de la derecha.

**Figura 45:**

*Pesado de la muestra compactada.*



*Nota:* En las imágenes se visualiza el pesado de la muestra compactada



**Figura 46:**

*Secado de la muestra compactada*



*Nota:* En las imágenes se visualiza a las probetas compactadas en el horno a una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , donde permanecieron aproximadamente 22 horas

**Figura 47:**

*Pesado de las muestras compactadas secas.*



*Nota:* En las imágenes se visualiza el pesado de las muestras compactadas secas, donde estos datos fueron anotados en las fichas técnicas.

## F. Ensayo de CBR

**Figura 48:**

*Preparación de dosificación del silicato de sodio.*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza la preparación de la muestra de suelo para el ensayo de CBR, donde el suelo no fue curado. La imagen de la derecha muestra la dosificación del silicato de sodio, en este caso fue para 4%.

**Figura 49:**

*Agregado del silicato de sodio dosificado a la muestra de suelo.*



*Nota:* En las imágenes se visualiza cómo se agregó el silicato de sodio ya dosificado (4% y 12%) a la muestra de suelo, que se preparó para el ensayo de CBR.



**Figura 50:**

*Preparación de la muestra de suelo.*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza la homogeneización de la muestra de suelo, luego de ser humedecida, luego se embolso la muestra de suelo hasta el día siguiente para su compactación.

**Figura 51:**

*Compactación y enrasado de la muestra de suelo*



*Nota:* En la fotografía izquierda se visualiza la compactación que se realizó a la muestra de suelo, luego de la compactación, se realizó el enrasado del suelo compactado que sobresale del molde, tal cual se observa en la fotografía de la derecha.

**Figura 52:**

*Pesado y nivelación de las probetas*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se visualiza el pesado de la muestra de suelo compactada. La fotografía de la derecha muestra la nivelación que se hace a la probeta, de esa forma se medirá la expansión que tiene la muestra durante el periodo de inmersión.

**Figura 53:**

*Inmersión de las probetas.*



*Nota:* En las imágenes se muestran a las probetas que fueron sumergidas en agua, donde se fue midiendo su expansibilidad que tuvo los 4 días que estuvieron las probetas en inmersión.

**Figura 54:**

*Pesado y colocación de la probeta a la máquina de CBR*



*Nota:* En la fotografía de la izquierda se muestra el pesado de la probeta, después de ser sacada de la inmersión a la que estuvo expuesta. La fotografía de la derecha muestra la colocación de la probeta a la máquina de CBR.

**Figura 55:**

*Penetración de la probeta en la máquina de CBR*



*Nota:* En la imagen se muestra la penetración con pisón a la probeta con la máquina de CBR, donde se obtuvo la deformación que sufrió el suelo.

**ANEXO 03: Especificaciones técnicas del Silicato De Sodio**





Av. El Santuario 1239 Urb. Zárate San Juan de Lurigancho – Lima – Lima - Perú  
 Central telefónica – 459-5630 Email: [ventas@proquinsa.com](mailto:ventas@proquinsa.com)

**RUC: 20100170681**  
**BOLETA DE VENTA**  
**ELECTRONICA**  
 B001-0004036

Señor(es) : BECERRA AGUILAR, FROILAN  
 Dirección : JR 11 DE MARZO S/N  
 JEPELACIO-MOYOBAMBA-SAN MARTIN

Guía de Remisión :  
 Código del Cliente : 73068998  
 Orden del Cliente :  
 Fecha de emisión : 23/12/2022  
 Condiciones de Pago : CONTADO

UNIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD	P.UNITARIO	VALOR VENTA
TM	SILICATO DE SODIO NEUTRO 3.3	0.0400	1,463.00	58.52
UND	ENVASE	1.0000	23.10	23.10

SON: NOVENTA Y SEIS CON 31/100 SOLES

Registro de Venta N° 023933	FACTURADO	COBRANZA N°	TOTAL VENTA	S/	96.31
Reg. De Imp. Pat. N° 0318426	REVISADO				
Reg. Ind. N° 15-10682-C					

Resumen: [tvvww24BXaTCIPg+QmtwjL8J0tU=](https://www.rscud.com.pe)



Representación impresa de la Factura Electrónica, consulte en [www.rscud.com.pe](http://www.rscud.com.pe)  
 Autorizado mediante resolución N° 0180050002465/SUNAT



**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**

**RAZÓN SOCIAL:** FROILAN BECERRA AGUILAR  
**PRODUCTO:** Silicato de Sodio Neutro  
**FECHA DE EMISIÓN:** Lima, 23 de diciembre del 2022.  
**FECHA DE PRODUCCIÓN:** 21/12/2022  
**FECHA DE VENCIMIENTO:** 21/12/2027  
**LOTE:** SSLN – CAP4412 – 271222

**CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS**

PARÁMETROS	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES	MÉTODO DE ENSAYO
Apariencia	Líquido viscoso	Líquido viscoso	PROQUINSA: PROC- 02-2018
Olor	Inodoro	Inodoro	PROQUINSA: PROC- 02-2018
Na <sub>2</sub> O	8,54 %	8,00 % - 8,6 %	UNE 55-627-83
SiO <sub>2</sub>	28,25 %	28,0 % - 29,0 %	PROQUINSA: PROC- 03-2018
Densidad (20°C)	40,4°Bé	40,0 °Bé – 40,7 °Bé	NTP 311.086 (Rev. 2012)
Viscosidad (20°)	2139 cps	1000 -7000 cps	UNE-EN ISO 12058-1
Rango	3,31	3,29 – 3,37	UNE 55-624-82
Sólidos totales	36,79 %	36,0 % - 37,6 %	NTP 311.155 -1975



.....  
 Lic. Rebeca Ames Travi  
 Jefe del Área de Control de Calidad

proquinsa.com

(01) 459 5630  
 Av. El Santuario 1239  
 Urb. Zárate - S.J.L.  
 Lima 36 - Perú

**ANEXO 04: Resultados de los ensayos de laboratorio – Contenido De Humedad**



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
(MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis:	"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"		Código Ensayo N°:
Solicitante:	KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ		F-01 003 - 2023
Procedencia:	JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata: CALICATA 01 - 0% (NATURAL)	Tec. Responsable 1: E. Ordoñez S.
Coordenadas:	18M 286673 - 9321983	Profundidad: 1.50 Mts Fecha: 06/03/2023	Tec. Responsable 2: F. Gallardo M.

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	354	
Masa de tara (g)	353.7	
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	3640.9	
Masa de la tara + muestra seca (g)	3101.6	
Masa del agua contenida (g)	739.2	
Masa de la muestra seca (g)	2747.9	
Contenido de Humedad (%)	26.9	
Contenido de Humedad Promedio (%)	26.9	

2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :

Descripción	1	3
Masa de tara (g)		
Masa de la tara + muestra húmeda (g)		
Masa de la tara + muestra seca (g)		
Masa del agua contenida (g)		
Masa de la muestra seca (g)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio

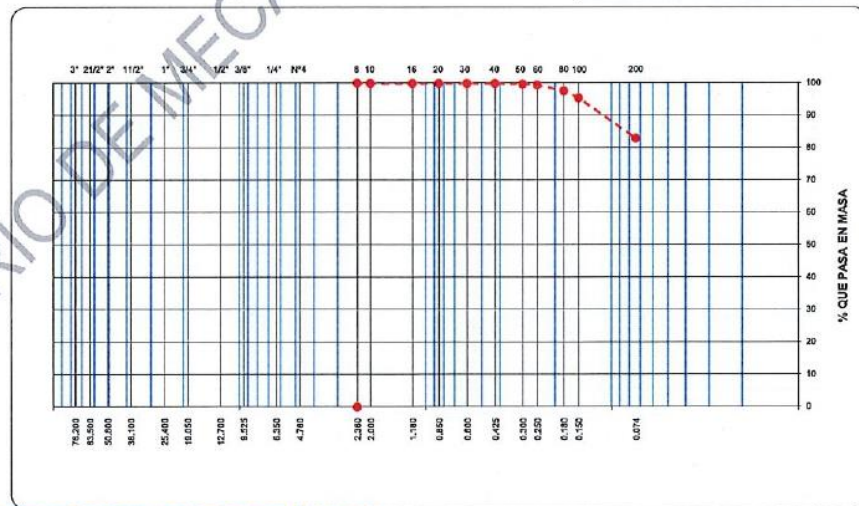


**ANEXO 05: Resultados de los ensayos de laboratorio – Análisis Granulométrico**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)			
Tesis: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N°: <b>F-01 003 -2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBA MBA - SAN MARTIN</b>		Téc. Responsable 1: <b>E.Ordóñez S.</b>	
Coordenadas: <b>18M 286573 - 9321983</b>		Téc. Responsable 2: <b>F.Gallardo M.</b>	
Calicata: <b>CALICATA 01 - 0% (NATURAL)</b>		Fecha: <b>07/03/2023</b>	
Profundidad: <b>1.50 Mts</b>			

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Masa Retenida	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Materiales sin Especificación	Descripción
4"	101.600						<b>1. Masa de Material</b>
3"	76.200						Masa Inicial Total (kg) <b>1,000.0</b>
2 1/2"	63.500						Masa Fracción Finá Para Lavar (g) <b>0.0</b>
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						<b>2. Características</b>
1"	25.400						Tamaño Máximo <b>N° 8</b>
3/4"	19.050						Tamaño Máximo Nominal <b>N° 10</b>
1/2"	12.700						Grava (%) <b>0.0</b>
3/8"	9.525						Arena (%) <b>17.0</b>
1/4"	6.350						Finos (%) <b>83.0</b>
N° 4	4.760						Modulo de Fineza (%)
N° 8	2.360				100.0		
N° 10	2.000	<b>0.11</b>	0.0	0.0	100.0		
N° 16	1.180	<b>0.10</b>	0.0	0.0	100.0		<b>3. Clasificación</b>
N° 20	0.850	<b>0.15</b>	0.0	0.0	100.0		Límite Líquido (%) <b>58.0</b>
N° 30	0.600	<b>0.28</b>	0.0	0.1	99.9		Límite Plástico (%) <b>20.0</b>
N° 40	0.425	<b>0.42</b>	0.0	0.1	99.9		Índice de Plasticidad (%) <b>38.0</b>
N° 50	0.300	<b>1.26</b>	0.1	0.2	99.8		Clasificación SUCS <b>CH</b>
N° 60	0.250	<b>3.21</b>	0.3	0.5	99.5		Clasificación AASHTO <b>A-7-6 (20)</b>
N° 80	0.180	<b>17.71</b>	1.8	2.3	97.7		
N° 100	0.150	<b>22.35</b>	2.2	4.5	95.5		
N° 200	0.074	<b>124.79</b>	12.5	17.0	83.0		
Pasante		<b>829.82</b>	83.0	100.0			



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Edgar Leonardo Ordóñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico en Laboratorio

**ANEXO 06: Resultados de los ensayos de laboratorio – Limites De Atterberg**



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

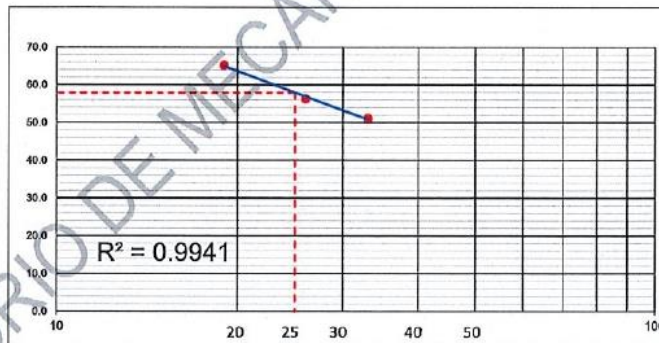
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
LÍMITES DE CONSISTENCIA			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-99)			
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"		Código Ensayo N°: F-01 003-2023	
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ			
Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata: CALICATA 01 - 0% (NATURAL)		Tec. Responsable 1: E. Ordoñez S.
Coordenadas: 18M 286673 - 9321983	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 07/03/2023	Tec. Responsable 2: F. Gallardo M.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO

N° de Tarro		110	21	60	
Masa de Tarro + Suelo Humedo	g	31.95	31.98	31.61	
Masa de Tarro + Suelo Seco	g	27.60	28.05	27.96	
Masa de Tarro	g	20.93	21.07	20.83	
Masa de Agua	g	4.35	3.93	3.65	
Masa del Suelo Seco	g	6.67	6.98	7.13	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	65.22	56.30	51.19	58.0
Numero de Golpes		19	26	33	

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		56	600	
Masa de Tarro + Suelo Humedo	g	28.92	28.91	
Masa de Tarro + Suelo seco	g	27.79	27.77	
Masa de Tarro	g	22.17	22.19	
Masa de Agua	g	1.13	1.14	
Masa de Suelo seco	g	5.62	5.58	Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	20.11	20.43	20.0



Constantes Físicas de la Muestra	
Límite Líquido	58.0
Límite Plástico	20.0
Índice de Plasticidad	38.0
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnica en Laboratorio

**ANEXO 07: Resultados de los ensayos de laboratorio – Proctor Modificado**



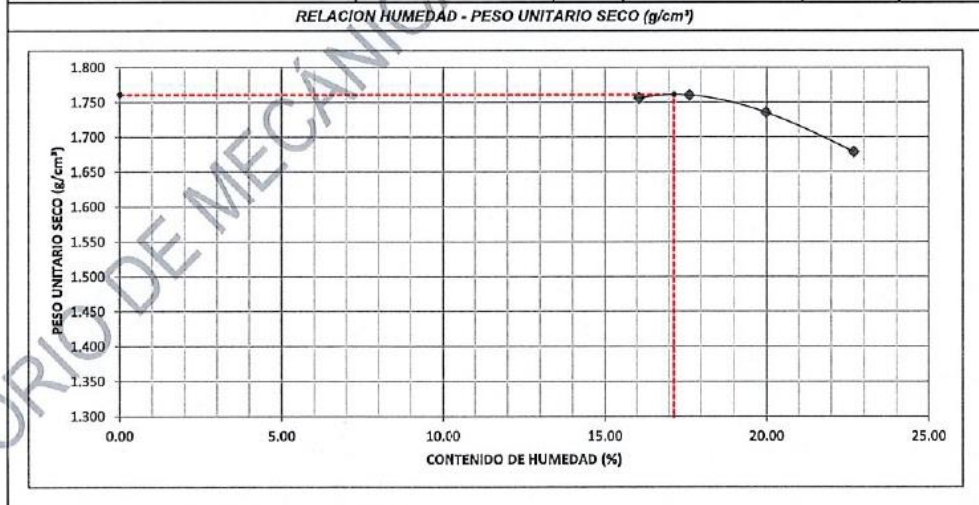


UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"		Código Ensayo N°: F-01 003 - 2023	
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ			
Procedencia: JEPOLACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata: CALICATA 01 - 0% (NATURAL)	Tec. Responsable 1: E. Ordoñez S.	
Coordenadas: 18M 288673 - 9321983	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 21/04/2023	Tec. Responsable 2: F. Gallardo M.

Molde N° 1	Diámetro Molde		Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	4"	6"					
Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>				1	2	3	4
Masa Suelo + Molde	g	3,844.6	3,870.4	3,889.8	3,884.9		
Masa Suelo Humedo Compactado	g	1,902.1	1,936.9	1,947.3	1,922.4		
Masa Volumetrico Humedo	g	2,038	2,071	2,082	2,060		
Recipiente Numero		56	87	162	38		
Masa Suelo Humedo + Tara	g	2,123.2	2,156.0	2,169.0	2,138.0		
Masa Suelo Seco + Tara	g	1,860.2	1,865.9	1,844.9	1,783.2		
Masa de la Tara	g	223.0	219.8	222.5	219.1		
Masa del agua	g	263.0	290.4	324.1	354.8		
Masa del suelo seco	g	1,637	1,646	1,622	1,564		
Contenido de agua	%	16.07	17.65	19.98	22.68		
Peso Unitario Seco (g/cm³)	(g/cm³)	1,756	1,760	1,735	1,679		

RESULTADOS			
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1,761	(g/cm³)	Humedad óptima
			17.16
			%



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N°: <b>F-01 003 - 2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
JEPELACIO -			
Procedencia: <b>MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>	Calicata: <b>CALICATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO</b>		Tec. Responsable 1: <b>E. Ordoñez S.</b>
Coordenadas: <b>18M 286673 - 9321983</b>	Profundidad: <b>1.50 Mts</b>	Fecha: <b>21/04/2023</b>	Tec. Responsable 2: <b>F. Gallardo M.</b>

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	4"	6"						
Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 G/p
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>				1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde				g	3,771.0	3,804.8	3,886.1	3,888.3
Masa Suelo Humedo Compactado				g	1,828.5	1,862.3	1,949.6	1,945.8
Masa Volumétrico Humedo				g	1.959	1.991	2.078	2.085
Recipiente Numero					38	85	87	162
Masa Suelo Humedo + Tara				g	2,049.0	2,091.6	2,164.1	2,169.0
Masa Suelo Seco + Tara				g	1,854.9	1,865.5	1,902.2	1,881.3
Masa de la Tara				g	218.7	228.8	219.7	222.4
Masa del agua				g	194.1	228.2	262.0	287.7
Masa del suelo seco				g	1,636	1,637	1,682	1,659
Contenido de agua				%	11.88	13.82	15.57	17.34
Peso Unitario Seco (g/cm³)				(g/cm³)	1.751	1.749	1.798	1.776

<b>RESULTADOS</b>				
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.804	(g/cm³)	Humedad óptima	16.22 %



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**Freddy Luis Gallardo**



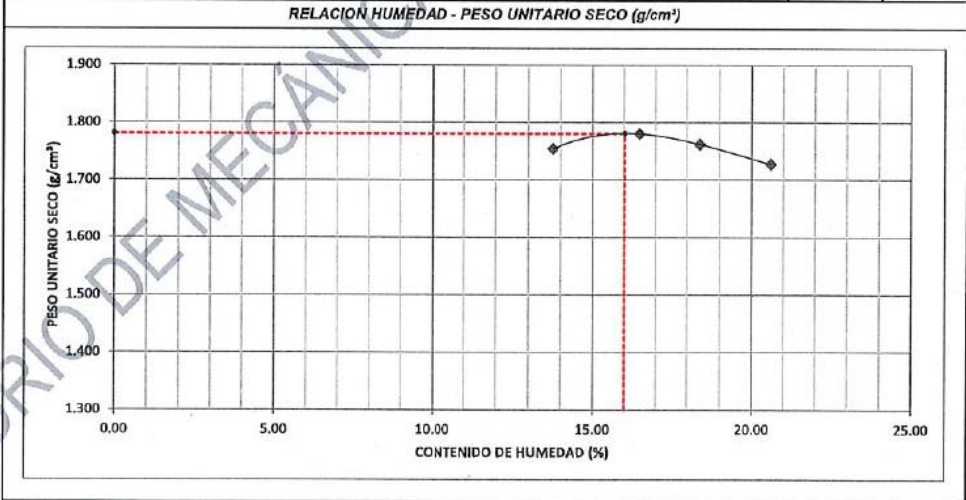


UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"		Código Ensayo N°: F-01 003 - 2023	
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ		JEPOLACIÓN	
Procedencia: MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata: CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO	Tec. Responsable 1: E. Ordoñez S.	
Coordenadas: 18M 286673 - 9321983	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 21/04/2023	Tec. Responsable 2: F. Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"	Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	Moldeo	A	B		C	Masa de molde	1942.5	g
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>								
				1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde				3,805.3	3,882.1	3,893.8	3,887.0	
Masa Suelo Humedo Compactado				1,862.8	1,939.6	1,951.3	1,944.5	
Masa Volumetrico Humedo				1,996	2,074	2,086	2,083	
Recipiente Numero				87	38	85	162	
Masa Suelo Humedo + Tara				2,082.4	2,169.1	2,181.1	2,167.7	
Masa Suelo Seco + Tara				1,856.9	1,884.6	1,877.7	1,835.3	
Masa de la Tara				219.7	218.7	228.8	222.4	
Masa del agua				225.5	274.5	303.4	332.3	
Masa del suelo seco				1,637	1,666	1,649	1,613	
Contenido de agua				13.77	16.48	18.40	20.60	
Peso Unitario Seco (g/cm³)				1.754	1.780	1.762	1.727	

RESULTADOS					
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.781	(g/cm³)	Humedad óptima	16.00	%



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico de Laboratorio



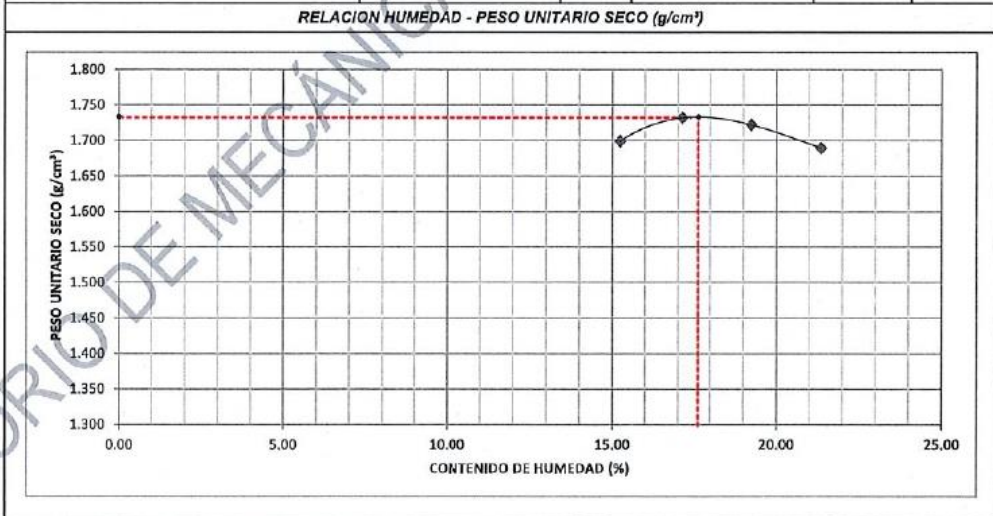


UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARGILLOSO"		Código Ensayo N°: F-01 003 - 2023	
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ			
Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata: CALICATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO	Tec. Responsable 1: E. Ordoñez S.	
Coordenadas: 18M 286673 - 9321983	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 21/04/2023	Tec. Responsable 2: F. Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	935.43	cm³	N° de espás	5
	4"	6"						
Molde	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 G/p
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Masa Suelo + Molde			g		3,770.3	3,840.3	3,863.4	3,856.0
Masa Suelo Humedo Compactado			g		1,827.8	1,897.8	1,920.9	1,913.5
Masa Volumetrico Humedo			g		1,958	2,029	2,053	2,050
Recipiente Numero					87	38	85	162
Masa Suelo Humedo + Tara			g		2,051.4	2,127.9	2,150.3	2,132.8
Masa Suelo Seco + Tara			g		1,809.5	1,850.3	1,840.2	1,796.7
Masa de la Tara			g		222.8	290.2	229.3	222.1
Masa del agua			g		241.9	277.7	310.1	336.2
Masa del suelo seco			g		1,587	1,620	1,611	1,575
Contenido de agua			%		15.24	17.14	19.25	21.35
Peso Unitario Seco (g/cm³)			(g/cm³)		1.689	1.732	1.722	1.689

RESULTADOS				
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.733	(g/cm³)	Humedad óptima	17.83 %



Observaciones: Muestra extraída e Identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico en Laboratorio

**ANEXO 08: Resultados de los ensayos de laboratorio – CBR**



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
FORMATO														
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
Tests: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO" Solicitante: KEIKO TATIANI MONTEZA FERNANDEZ						Código Ensayo N°: F-01 003 - 2023								
Procedencia: JEPOLACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN Coordenadas: 18M 286673 - 9321983				Calicata: CALCATA 01 - 0% (NATURAL) Profundidad: 1.50 Mts Fecha: 29/05/2023				Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S. Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.						
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	3			2			1							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8877.4	9090.1	8718.3	9204.9	8504.2	8928.6								
Masa de molde (g)	4497.2	4497.2	4606.0	4606.0	4557.6	4557.6								
Masa del suelo húmedo (g)	4380.3	4593.0	4110.3	4598.9	3946.6	4371.0								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2118.0	2118.0	2098.0	2098.0	2125.0	2125.0								
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.068	2.169	1.959	2.192	1.857	2.057								
Tara (N°)	18	20	22	73	43	15								
Masa suelo húmedo + tara (g)	2.383.1	4.817.7	2.528.4	4.977.4	2.824.8	4.347.6								
Masa suelo seco + tara (g)	2.066.4	3.968.6	2.190.9	3.952.6	2.446.7	3.384.7								
Masa de tara (g)	222.3	300.2	222.4	661.7	244.0	284.9								
Masa de agua (g)	316.7	849.2	337.5	1024.9	377.9	962.9								
Masa de suelo seco (g)	1844.1	3668.3	1968.5	3290.8	2202.7	3099.8								
Contenido de humedad (%)	17.17	23.15	17.14	31.14	17.15	31.06								
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.765	1.761	1.672	1.671	1.585	1.569								
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
25/05/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
26/05/23	12:30	24	461	11.709	10.182	783	19.888	17.294	704	17.882	15.519			
27/05/23	12:30	48	574	14.580	12.678	875	22.225	19.326	837	21.260	18.487			
28/05/23	12:30	72	628	15.951	13.871	1024	26.010	22.617	943	23.952	20.828			
29/05/23	12:30	96	718	18.237	15.868	1190	30.226	26.283	1078	27.381	23.810			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-03		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-01	
	STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		15.2	15.3			5.0	5.1			3.4	3.5		
1.270	0.050		28.5	28.6			11.2	11.3			6.5	6.6		
1.905	0.075		39.7	39.8			16.6	16.9			14.1	14.2		
2.540	0.100	70.455	48.6	48.7	-	3.4	25.7	25.8	-	1.8	17.6	17.7	-	1.3
3.810	0.150		63.4	63.5			34.4	34.5			23.2	23.3		
5.080	0.200	105.68	76.7	76.8	-	3.6	39.3	39.4	-	1.9	29.6	29.7	-	1.4
6.350	0.250		85.0	85.1			42.7	42.7			32.8	32.9		
7.620	0.300		95.3	95.4			48.8	48.9			34.5	34.6		
10.160	0.400		108.6	108.7			51.5	51.6			40.2	40.3		
12.700	0.500		126.1	126.2			58.4	58.5			46.5	46.6		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico en Laboratorio

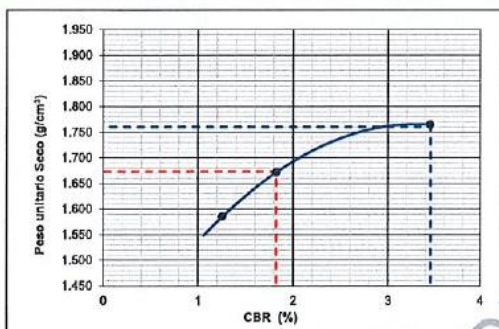




UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
FORMATO	
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR	
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)	
<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO" <b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ	<b>Código Ensayo N°:</b> F-01 003 - 2023
<b>Procedencia:</b> JEPELAGIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN <b>Coordenadas:</b> 18M 286673 - 9321983	<b>Calicata:</b> CALICATA 61 - 0% (NATURAL) <b>Profundidad:</b> 1.50 Mts <b>Fecha:</b> 29/05/2023 <b>Tec. Responsable 1:</b> E. Ordoñez S. <b>Tec. Responsable 2:</b> F. Gallardo M.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

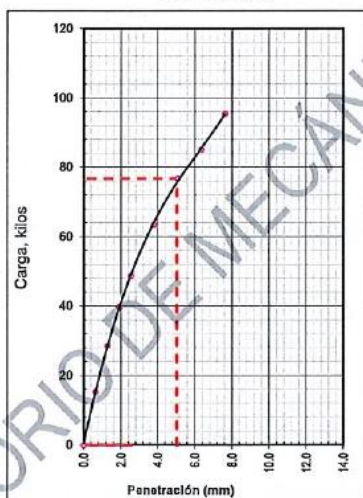


<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.761
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 17.16
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm³)</b>	: 1.673

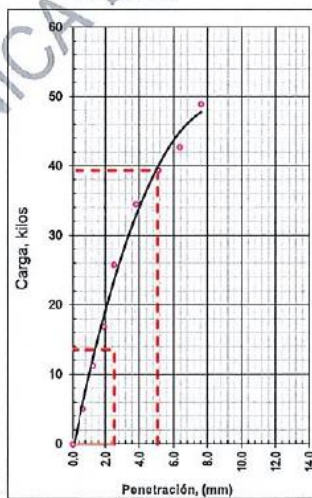
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 3.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.8 %

**OBSERVACIONES:**

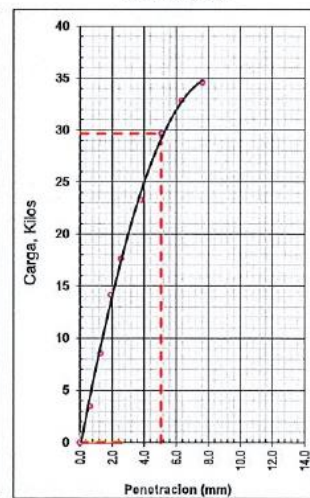
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico en Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
FORMATO														
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"						<b>Código Ensayo N°:</b> F-014 003 - 2023								
<b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ														
<b>Procedencia:</b> JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN			<b>Calicata:</b> CALICATA 01 - 0% (NATURAL - REPETICIÓN 02)						<b>Tec. Responsable 1</b> E. Ordoñez S.					
<b>Coordenadas:</b> 18M 286673 - 9321983			<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts			<b>Fecha:</b> 26/06/2023			<b>Tec. Responsable 2</b> F. Gallardo M.					
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	4			6			5							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO		
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8935.3	9177.3	8302.1	8354.1	8137.4	8649.7	4553.5	4553.5	4193.0	4193.0	4194.9	4194.9		
Masa de molde (g)	4553.5	4553.5	4193.0	4193.0	4194.9	4194.9	4381.8	4623.8	4109.1	4161.1	3942.6	4454.9		
Masa del suelo húmedo (g)	4381.8	4623.8	4109.1	4161.1	3942.6	4454.9	2123.0	2123.0	2096.0	2096.0	2123.0	2123.0		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2123.0	2123.0	2096.0	2096.0	2123.0	2123.0	2.064	2.178	1.960	1.985	1.857	2.098		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.064	2.178	1.960	1.985	1.857	2.098	63	54	27	41	55	60		
Tara (N°)	63	54	27	41	55	60	2,481.2	4,234.5	2,741.3	4,261.5	2,931.4	4,127.6		
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,481.2	4,234.5	2,741.3	4,261.5	2,931.4	4,127.6	2,150.7	3,473.9	2,376.2	3,318.8	2,537.9	3,198.8		
Masa suelo seco + tara (g)	2,150.7	3,473.9	2,376.2	3,318.8	2,537.9	3,198.8	226.4	246.6	246.7	321.8	244.0	243.1		
Masa de tara (g)	226.4	246.6	246.7	321.8	244.0	243.1	330.5	760.6	365.1	942.7	393.5	928.8		
Masa de agua (g)	330.5	760.6	365.1	942.7	393.5	928.8	1924.3	3225.3	2129.5	2997.0	2293.9	2955.7		
Masa de suelo seco (g)	1924.3	3225.3	2129.5	2997.0	2293.9	2955.7	17.17	23.58	17.14	31.45	17.15	31.42		
Contenido de humedad (%)	17.17	23.58	17.14	31.45	17.15	31.42	1.761	1.762	1.674	1.510	1.585	1.597		
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.761	1.762	1.674	1.510	1.585	1.597	EXPANSION							
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
22/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
23/06/23	12:30	24	489	12.421	10.801	867	22.022	19.149	851	21.615	18.796			
24/06/23	12:30	48	581	14.757	12.833	984	24.994	21.734	968	24.587	21.380			
25/06/23	12:30	72	657	16.688	14.511	1168	29.667	25.798	1095	27.889	24.251			
26/06/23	12:30	96	736	18.694	16.256	1212	30.785	26.769	1171	29.743	25.864			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-06		MOLDE N°		M-05	
	STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		17.3	17.4			9.3	9.4			4.6	4.7		
1.270	0.050		30.4	30.5			13.4	13.5			12.4	12.5		
1.905	0.075		43.5	43.6			18.6	18.7			15.6	15.7		
2.540	0.100	70.455	50.4	50.5	-	3.6	27.1	27.2	-	1.9	19.6	19.7	-	1.4
3.810	0.150		66.4	66.5			37.6	37.9			25.8	25.9		
5.080	0.200	105.68	77.6	77.7	-	3.7	41.9	42.0	-	2.0	31.7	31.8	-	1.5
6.350	0.250		86.1	86.2			43.6	43.7			33.9	34.0		
7.620	0.300		94.6	94.7			51.2	51.3			36.2	36.3		
10.160	0.400		103.4	103.5			54.6	54.7			39.6	39.7		
12.700	0.500		118.6	118.7			59.6	59.7			43.8	43.9		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

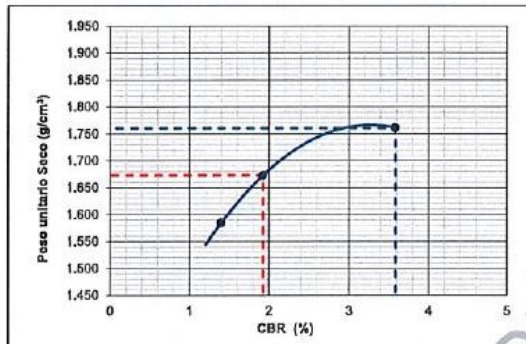
Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico en Laboratorio





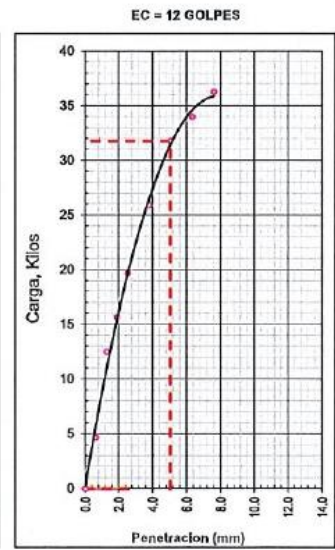
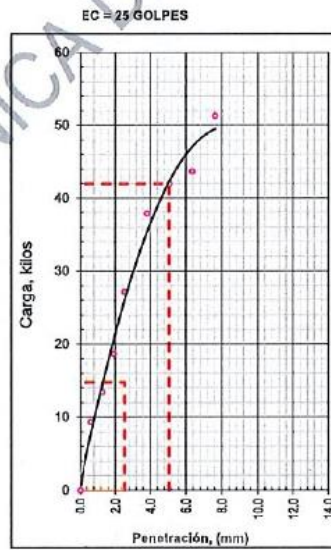
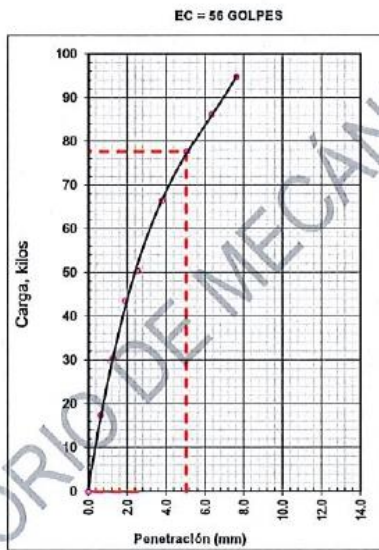
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1063 / AASTHO T-193)			
<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO" <b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ	<b>Código Ensayo N°:</b> F-014 003 - 2023		
<b>Procedencia:</b> JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN <b>Coordenadas:</b> 18M 286873 - 9321983	<b>Calicata:</b> CALICATA 01 - 0% (NATURAL - REPETICIÓN 02) <b>Profundidad:</b> 1.59 Mts	<b>Fecha:</b> 26/08/2023 <b>Tec. Responsable 1:</b> E. Ordoñez S. <b>Tec. Responsable 2:</b> F. Gallardo M.	
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR			



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASTHO T-180
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.761
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 17.16
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm³)</b>	: 1.673

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 3.6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.9 %

**OBSERVACIONES:**



*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS																	
FORMATO																	
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR																	
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)																	
<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"								<b>Código Ensayo N°:</b> F-015 003 - 2023									
<b>Solicitante:</b> KEIKO TATIARY MONTEZA FERNANDEZ																	
<b>Procedencia:</b> JEPELACIO - MOYOBA MBA - SAN MARTIN				<b>Calicata:</b> CALICATA 01 - 0% (NATURAL - REPETICIÓN 03)				<b>Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S.</b>									
<b>Coordenadas:</b> 18M 286673 - 9321983				<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts				<b>Fecha:</b> 26/06/2023									
								<b>Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.</b>									
CALCULO DEL CBR																	
Molde N°	7			9			8										
Capas N°	5			5			5										
Golpes por capa N°	56			25			12										
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO									
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8568.4	8807.4		8349.8	9006		8111.7	8594.0									
Masa de molde (g)	4187.1	4187.1		4190.6	190.6		4182.5	4182.5									
Masa del suelo húmedo (g)	4381.3	4620.3		4159.0	4710.0		3929.2	4411.5									
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2123.0	2123.0		2123.0	2123.0		2115.0	2115.0									
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.064	2.176		1.959	2.219		1.858	2.086									
Tara (N°)	102	71		55	109		204	235									
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,485.6	4,352.1		2,617.5	4,321.4		2,789.5	4,125.6									
Masa suelo seco + tara (g)	2,154.2	3,595.1		2,269.7	3,326.4		2,413.1	3,197.2									
Masa de tara (g)	224.5	266.4		241.3	218.3		218.6	241.6									
Masa de agua (g)	331.4	757.0		347.8	995.0		376.4	926.4									
Masa de suelo seco (g)	1929.7	3338.7		2028.4	3110.1		2194.5	2955.6									
Contenido de humedad (%)	17.17	22.67		17.14	31.99		17.15	31.41									
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.781	1.774		1.872	1.681		1.586	1.587									
EXPANSION																	
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				mm	%		mm	%		mm	%						
22/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000						
23/06/23	12:30	24	428	10.871	9.453	845	21.463	16.663	667	22.022	19.149						
24/06/23	12:30	48	563	14.300	12.435	1062	26.975	23.456	989	25.121	21.844						
25/06/23	12:30	72	627	15.926	13.849	1189	30.201	26.261	1123	28.524	24.804						
26/06/23	12:30	96	749	19.025	16.543	1231	31.267	27.189	1197	30.404	26.438						
PENETRACIÓN																	
PENETRACIÓN	CARGA	MOLDE N°	M-07			MOLDE N°			M-09			MOLDE N°			M-08		
			STAND.	CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN			
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0					
0.635	0.025		15.2	15.3			8.4	8.5			5.5	5.6					
1.270	0.050		27.9	28.0			12.3	12.4			13.4	13.5					
1.905	0.075		38.6	38.7			19.2	19.3			16.8	16.9					
2.540	0.100	70.455	44.5	44.6	-	3.2	25.4	25.5	-	1.8	20.4	20.5	-	1.5			
3.810	0.150		60.4	60.5			34.8	34.9			26.3	26.4					
5.080	0.200	105.68	72.6	72.7	-	3.4	41.7	41.8	-	2.0	33.6	33.7	-	1.6			
6.350	0.250		80.1	80.2			44.6	44.7			36.7	36.8					
7.620	0.300		90.4	90.5			52.7	52.8			40.4	40.5					
10.160	0.400		101.2	101.3			55.6	55.7			42.6	42.7					
12.700	0.500		115.8	115.9			62.4	62.5			48.6	48.7					

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Fredy Luis Gallardo Meléndez*  
 Técnico en Laboratorio

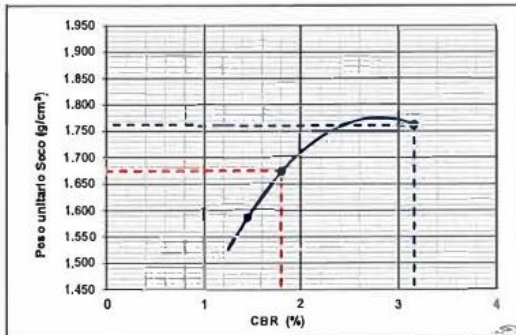




UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"	<b>Código Ensayo N°:</b> F-015 003-2023		
<b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ			
<b>Procedencia:</b> JEPELACIO - HOYOBAMBA - SAN MARTIN <b>Coordenadas:</b> 18M 280673 - 9321983	<b>Calicata:</b> CALICATA 01 - 0% (NATURAL - REPETICIÓN 03) <b>Profundidad:</b> 1.50 Mts	<b>Fecha:</b> 26/06/2023 <b>Tec. Responsable 1:</b> E. Ordoñez S. <b>Tec. Responsable 2:</b> F. Gallardo M.	

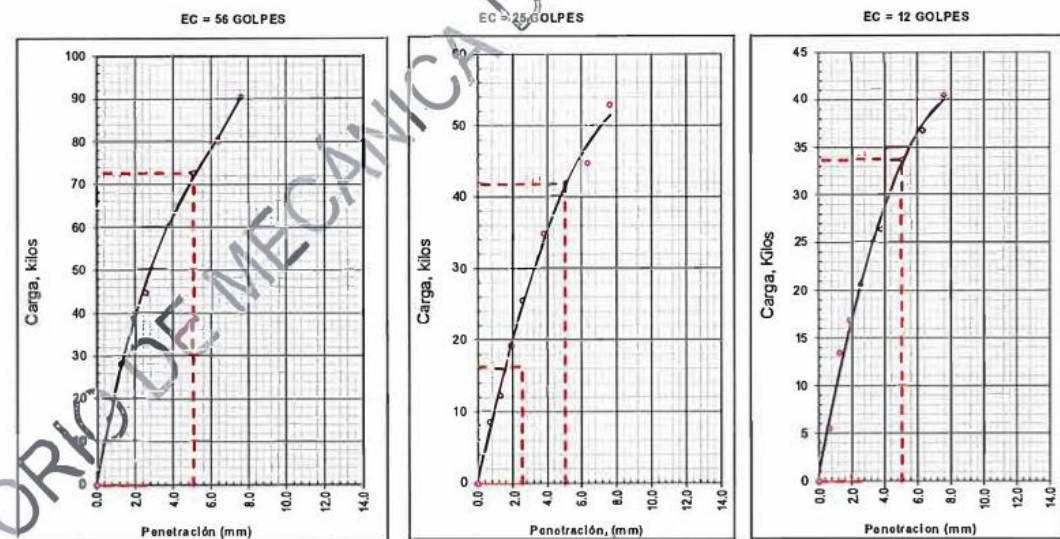
**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.761
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 17.16
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)</b>	: 1.673

<b>RESULTADOS:</b>	
<b>Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"</b>	= 3.2 %
<b>Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"</b>	= 1.8 %

**OBSERVACIONES:**



*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Mejía*  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
FORMATO														
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"										Código Ensayo N°: F-016 003 - 2023				
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ														
Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN				Calicata: CALICATA 01 - 0% (NATURAL) (REPETICION 04)						Tec. Responsable 1 E.O. [Nombre]				
Coordenadas: 18M 286573 - 9321983				Profundidad: 1.50 Mts		Fecha: 03/07/2023		Tec. Responsable 2 F. O. [Nombre]						
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	1			3			2							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8941.4		9200.8		6648.2		6113.6		8510.8		8951.8			
Masa de molde (g)	4557.6		4557.8		4497.2		4197.2		4608.0		4606.0			
Masa del suelo húmedo (g)	4383.8		4643.2		4151.1		4616.7		3904.6		4345.8			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0		2125.0		2118.1		2118.0		2098.0		2098.0			
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.063		2.185		1.960		2.180		1.861		2.071			
Tara (N°)	42		28		61		44		28		37			
Masa suelo húmedo + tara (g)	2.415.8		4.583.2		2.837.1		4.521.3		2.748.8		4.123.5			
Masa suelo seco + tara (g)	2.094.0		3.759.1		2.285.0		3.524.0		2.381.9		3.204.9			
Masa de tara (g)	221.8		285.4		231.5		321.8		244.0		247.8			
Masa de agua (g)	321.6		804.1		352.1		997.3		366.7		918.6			
Masa de suelo seco (g)	1872.4		3473.7		2053.5		3202.2		2137.9		2957.3			
Contenido de humedad (%)	17.17		23.15		17.14		31.14		17.15		31.06			
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.761		1.774		1.873		1.662		1.589		1.580			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
29/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
30/06/23	12:30	24	498	12.649	10.999	684	17.374	15.107	738	18.745	16.300			
01/07/23	12:30	48	547	13.894	12.082	916	23.266	20.232	865	21.971	19.105			
02/07/23	12:30	72	687	17.450	15.174	1013	25.730	22.374	962	24.435	21.248			
03/07/23	12:30	96	754	19.152	16.654	1048	26.619	23.147	1087	27.610	24.009			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-03		MOLDE N°		M-02	
	STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		18.5	18.6			8.7	8.8			4.8	4.9		
1.270	0.050		32.5	32.6			14.3	14.4			9.6	9.7		
1.905	0.075		43.5	43.6			21.4	21.5			16.8	16.9		
2.540	0.100	70.455	50.2	50.3	-	3.6	29.5	29.6	-	2.1	20.4	20.5	-	1.5
3.810	0.150		62.3	62.4			37.4	37.5			25.6	25.7		
5.080	0.200	105.68	78.4	78.5	-	3.7	45.6	45.7	-	2.2	34.8	34.9	-	1.6
6.350	0.250		90.0	90.1			50.4	50.5			39.8	39.9		
7.820	0.300		96.7	96.8			59.6	59.7			45.6	45.7		
10.160	0.400		110.2	110.3			72.3	72.4			51.2	51.3		
12.700	0.500		124.5	124.6			89.6	89.7			63.5	63.6		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

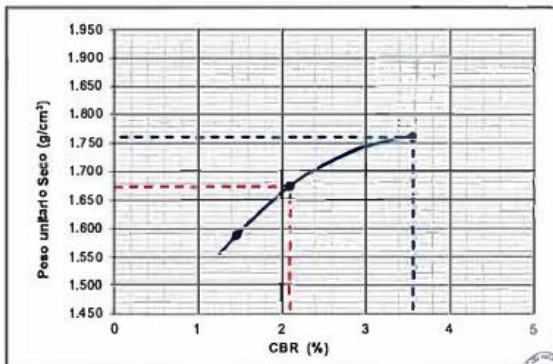
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico en Laboratorio



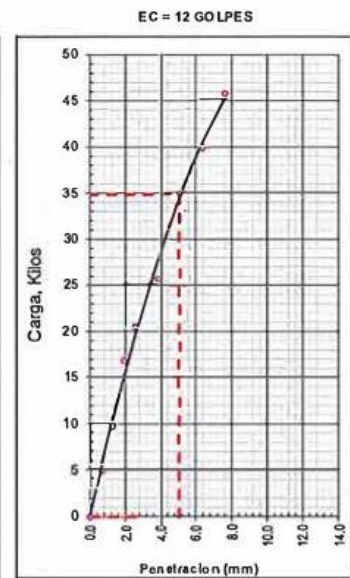
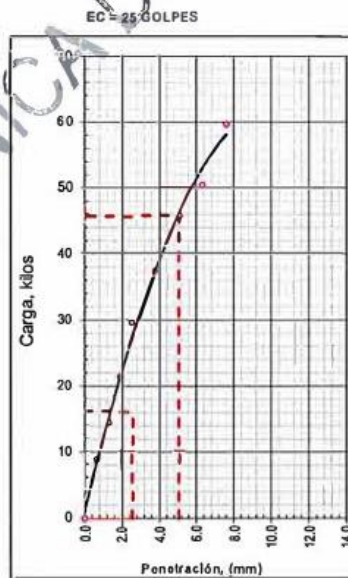
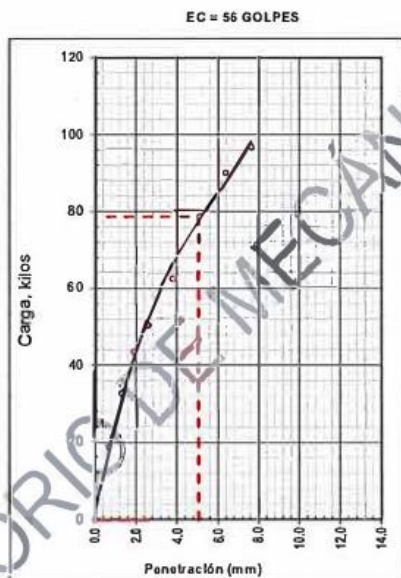
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"		Código Ensayo N° : F-016 003 - 2023	
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ			
Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN		Calicata: CALICATA 01 - 0% (NATURAL) (REPETICION 04)	
Coordenadas: 18M 286 673 - 9321983		Profundidad : 1,50 Mts      Fecha : 03/07/2023	
		Tec. Responsable 1: E. Ordoñez S. Tec. Responsable 2: F. Gallardo M.	
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR			



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-160
PESO UNITARIO SECO	: 1.761
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 17.16
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: 1.673

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 3.6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 2.1 %

OBSERVACIONES:



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*[Signature]*  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
FORMATO														
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"										Código Ensayo N° : F-02 003 - 2023				
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ														
Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN				Calicata: CALICATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 01)				Tec. Responsable 1 E.Ordoñez S.						
Coordenadas : 18M 288673 - 9321983				Profundidad : 1.50 Mts Fecha : 28/05/2023				Tec. Responsable 2 F.Gallardo M.						
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	6				5				4					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8587.9	9001.0	8426.2	9242.3	8559.0	9116.4								
Masa de molde (g)	4193.0	4193.0	4194.9	4194.9	4553.5	4553.5								
Masa del suelo húmedo (g)	4394.9	4808.0	4231.4	5047.5	4005.5	4562.9								
Volumen del molde (cm3)	2096.0	2096.0	2123.0	2123.0	2123.0	2123.0								
Densidad húmeda (g/cm3)	2.097	2.294	1.993	2.378	1.887	2.149								
Tara (N°)	8	69	666	27	21	38								
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,451.6	5,076.7	2,632.9	4,917.3	2,536.8	4,342.7								
Masa suelo seco + tara (g)	2,140.6	4,096.3	2,297.5	3,918.8	2,526.2	3,299.9								
Masa de tara (g)	224.6	666.0	226.8	655.5	2,475.0	282.4								
Masa de agua (g)	311.0	980.4	335.4	998.5	8.6	1042.8								
Masa de suelo seco (g)	1916.0	3430.3	2070.7	3263.3	53.2	3017.5								
Contenido de humedad (%)	16.23	28.58	16.20	30.60	16.21	34.56								
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.804	1.784	1.715	1.820	1.624	1.597								
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
25/05/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
26/05/23	12:30	24	876	22.250	19.348	801	20.345	17.692	748	18.989	16.521			
27/05/23	12:30	48	972	24.689	21.469	871	22.123	19.238	822	20.879	18.155			
28/05/23	12:30	72	1048	26.619	23.147	948	24.079	20.938	903	22.936	19.945			
29/05/23	12:30	96	1161	29.489	25.643	1064	27.026	23.501	1025	26.035	22.639			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°	M-06		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-04		
	STAND.	CARGA		CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
mm	pu/g.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		3.7	3.8			3.6	3.7			3.3	3.4		
1.270	0.050		8.8	8.9			8.0	8.1			6.9	7.0		
1.905	0.075		12.3	12.4			10.8	10.9			10.4	10.5		
2.540	0.100	70.455	14.8	14.9	-	1.1	14.0	14.1	-	1.0	13.3	13.4	-	0.9
3.810	0.150		19.9	20.0			18.5	18.6			17.8	17.9		
5.080	0.200	105.68	24.9	25.0	-	1.2	22.5	22.6	-	1.1	21.8	21.9	-	1.0
6.350	0.250		28.3	28.4			25.8	25.9			25.3	25.4		
7.620	0.300		28.6	28.7			27.4	27.5			26.5	26.6		
10.160	0.400		35.0	35.1			34.8	34.9			32.8	32.9		
12.700	0.500		41.8	41.9			41.5	41.6			36.7	36.8		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMÉCA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

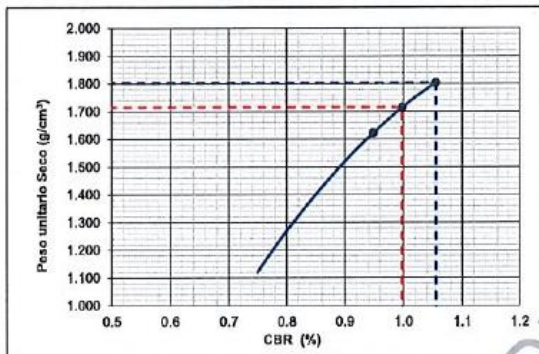
*Eduar Leopardo Ordoñez Scrván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1863 / AASTHO T-193)			
<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO" <b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ	<b>Código Ensayo N°:</b> F-02 003 - 2023		
<b>Procedencia:</b> JEPELAGIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN <b>Coordenadas:</b> 18M 286573 - 9321983	<b>Calicata:</b> CALICATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 01) <b>Profundidad:</b> 1.50 Mts	<b>Fecha:</b> 29/05/2023 <b>Tec. Responsable 1:</b> E.Ordóñez S. <b>Tec. Responsable 2:</b> F.Gallardo M.	

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**

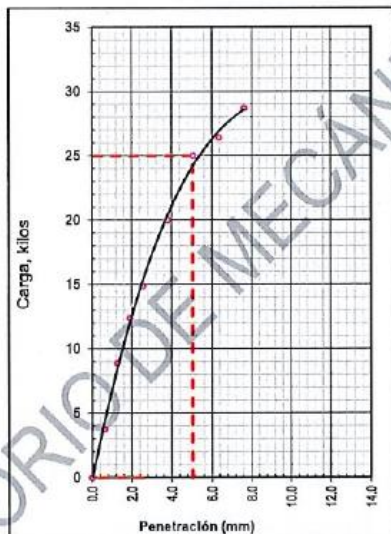


<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.804
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 16.22
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)</b>	: 1.714

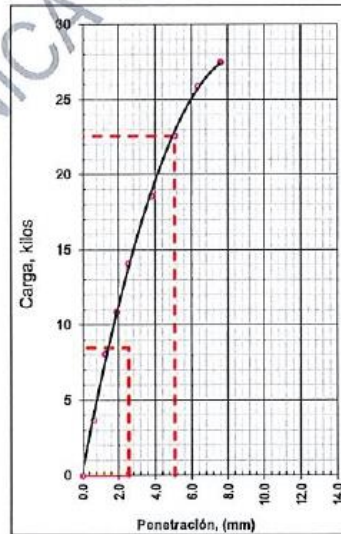
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 1.1 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.0 %

**OBSERVACIONES:**

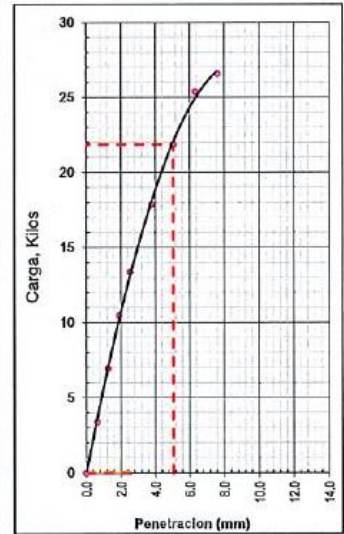
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordóñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Asistente Técnico del Laboratorio





**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

FORMATO

**RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR**

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"		<b>Código Ensayo N°:</b> F-03 003 - 2023
<b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ		
<b>Procedencia:</b> JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	<b>Callcata:</b> CALICATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 02)	<b>Tec. Responsable 1</b> E. Ordoñez S.
<b>Coordenadas:</b> 18M 286673 - 9321983	<b>Profundidad:</b> 1.50 Mis <b>Fecha:</b> 29/05/2023	<b>Tec. Responsable 2</b> F. Gallardo M.

**CÁLCULO DEL CBR**

Condición de la muestra	9		8		7	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°						
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	6643.8	9025.1	8389.2	8875.3	8193.0	8740.0
Masa de molde (g)	4190.6	4190.6	4182.5	4182.5	4187.1	4187.1
Masa del suelo húmedo (g)	4453.2	4834.5	4206.8	4692.8	4005.9	4552.9
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2123.0	2123.0	2115.0	2115.0	2123.0	2123.0
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.098	2.277	1.989	2.219	1.887	2.145
Tara (N°)	32	372	666	31	48	12
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,485.6	4,745.1	2,854.6	4,552.7	2,635.0	4,736.8
Masa suelo seco + tara (g)	2,169.6	3,811.6	2,492.4	3,511.6	2,301.5	3,586.6
Masa de tara (g)	222.3	280.2	256.3	283.4	244.0	218.6
Masa de agua (g)	316.0	933.5	362.2	1041.1	333.5	1150.2
Masa de suelo seco (g)	1947.3	3521.4	2236.1	3228.2	2057.5	3368.0
Contenido de humedad (%)	16.23	26.51	16.20	32.25	16.21	34.15
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.805	1.800	1.712	1.678	1.624	1.599

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
25/05/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
26/05/23	12:30	24	704	17.882	15.549	758	19.253	16.742	814	20.676	17.979
27/05/23	12:30	48	812	20.625	17.935	832	21.133	18.376	897	22.784	19.812
28/05/23	12:30	72	964	24.486	21.292	991	25.171	21.888	1013	25.730	22.374
29/05/23	12:30	96	1025	26.035	22.639	1034	26.284	22.838	1048	26.619	23.147

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-09		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-07	
	STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		11.4	11.6			7.5	7.6			5.4	5.5		
1.270	0.050		20.5	20.8			11.8	11.9			8.6	8.7		
1.905	0.075		23.1	23.2			14.7	14.8			10.4	10.5		
2.540	0.100	70.455	27.5	27.6	-	2.0	16.8	16.9	-	1.2	12.1	12.2	-	0.9
3.810	0.150		35.0	35.1			22.7	22.8			16.2	16.3		
5.080	0.200	105.68	45.0	45.1	-	2.1	26.4	26.5	-	1.3	21.3	21.4	-	1.0
6.350	0.250		52.0	52.1			28.2	28.3			24.6	24.7		
7.620	0.300		54.5	54.6			30.7	30.8			28.2	28.3		
10.160	0.400		67.0	67.1			35.9	36.0			392.2	392.3		
12.700	0.500		78.1	78.2			40.5	40.6			435.2	435.3		

*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMEGA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**

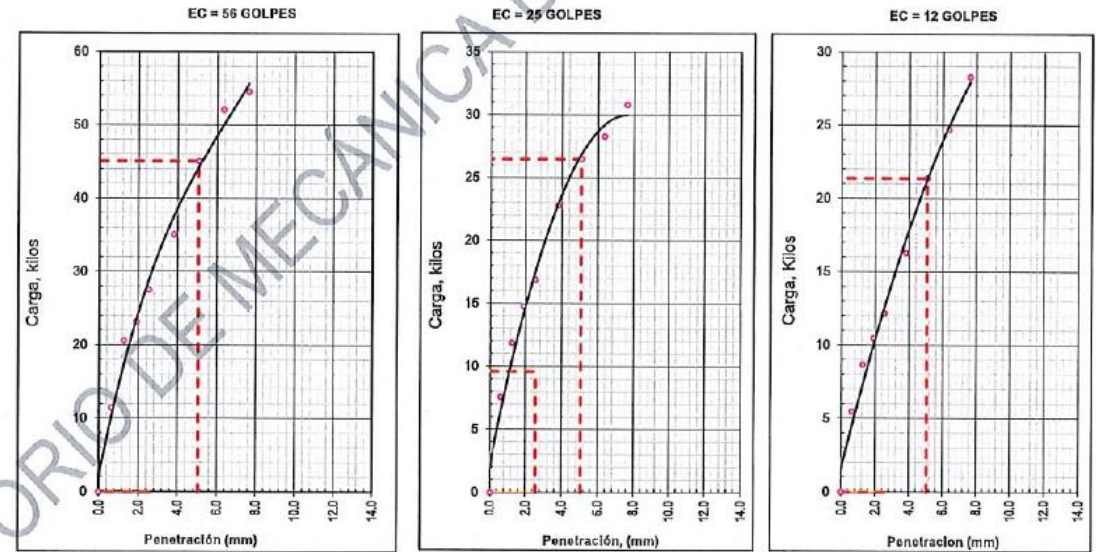
*Eduar Leonardo Ordoñez Serván*  
Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Meléndez*  
Técnico en Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1583 / AASTHO T-193)			
Tesis:	"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"	Código Ensayo N°:	F-03 003 - 2023
Solicitante:	KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ		
Procedencia:	JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata:	CALICATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 02)
Coordenadas:	18M 286673 - 9321983	Profundidad:	1.50 Mts
		Fecha:	29/05/2023
		Tec. Responsable 1:	E. Ordoñez S.
		Tec. Responsable 2:	F. Gallardo M.



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*[Signature]*  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
FORMATO														
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"						Código Ensayo N°: F-04 003 - 2023								
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ														
Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN			Calicata: CALICATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 03)						Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S.					
Coordenadas: 18M 285673 - 9321983			Profundidad: 1.50 Mts			Fecha: 05/05/2023			Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.					
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	3					2					1			
Capas N°	5					5					5			
Golpes por capa N°	56					25					12			
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO			NO SATURADO		SATURADO			NO SATURADO	SATURADO		
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8939.1		9095.5			8782.3		9385.0			8589.0	9118.0		
Masa de molde (g)	4497.2		4497.2			4606.0		4606.0			4557.6	4557.6		
Masa del suelo húmedo (g)	4442.0		4598.4			4176.3		4779.0			4011.4	4558.4		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2118.0		2118.0			2088.0		2098.0			2125.0	2125.0		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.097		2.171			1.991		2.278			1.888	2.145		
Tara (N°)	19		49			63		374			48	31		
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,518.6		5,091.5			2,584.6		4,600.8			2,481.6	4,728.5		
Masa suelo seco + tara (g)	2,198.6		4,214.2			2,254.2		3,593.8			2,169.7	3,644.4		
Masa de tara (g)	226.3		670.9			214.6		284.5			245.6	225.6		
Masa de agua (g)	320.1		877.3			330.4		1007.0			311.9	1082.1		
Masa de suelo seco (g)	1972.2		3543.3			2039.6		3309.3			1924.1	3418.8		
Contenido de humedad (%)	16.23		24.76			16.20		30.43			16.21	31.65		
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.804		1.740			1.713		1.746			1.624	1.629		
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
01/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
02/06/23	12:30	24	483	12.268	10.668	514	13.056	11.353	637	16.180	14.069			
03/06/23	12:30	48	578	14.681	12.766	816	20.726	18.023	947	24.054	20.916			
04/06/23	12:30	72	716	18.186	15.814	987	25.070	21.800	1028	26.111	22.705			
05/06/23	12:30	96	854	21.692	18.862	1110	28.194	24.517	1214	30.836	26.814			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-03		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-01	
	STAND.	STAND.	CARGA	CARGA	CORRECCIÓN	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CORRECCIÓN	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CORRECCIÓN	CORRECCIÓN
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		9.8	9.9			9.7	9.8			6.3	6.4		
1.270	0.050		16.9	17.0			16.6	16.7			10.2	10.3		
1.905	0.075		23.0	23.1			21.9	22.0			14.5	14.6		
2.540	0.100	70.455	27.5	27.6	-	2.0	24.6	24.7	-	1.7	16.4	16.5	-	1.2
3.810	0.150		34.7	34.8			30.7	30.8			20.9	21.0		
5.080	0.200	105.68	44.0	44.1	-	2.1	38.2	38.3	-	1.8	27.5	27.6	-	1.3
6.350	0.250		48.3	48.4			39.9	40.0			31.5	31.6		
7.620	0.300		52.1	52.2			44.1	44.2			36.1	36.2		
10.160	0.400		63.1	63.2			62.6	62.7			42.6	42.7		
12.700	0.500		77.4	77.5			61.5	61.6			48.9	49.0		

Observaciones: Atmósfera húmeda e identificada por el SOLICITANTE.

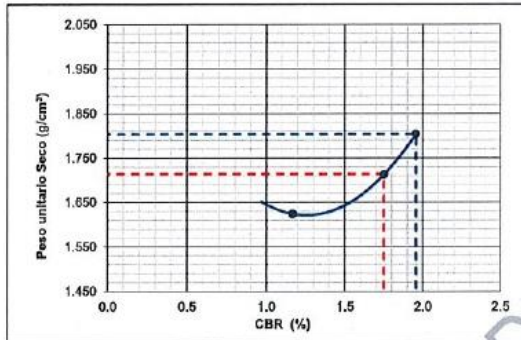
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnica en Laboratorio



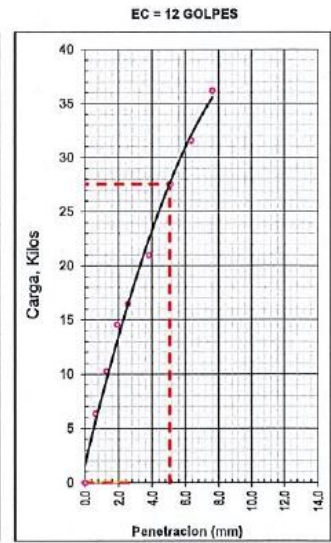
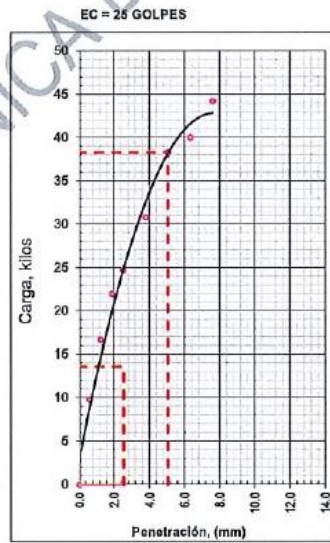
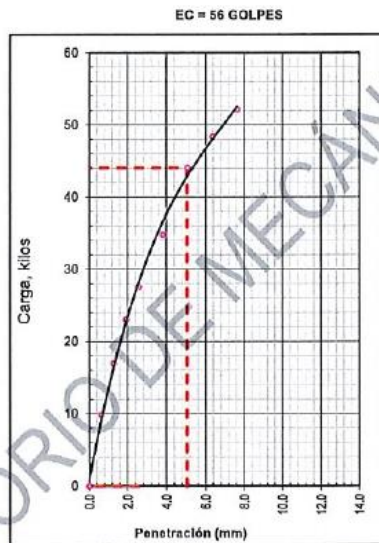
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
<b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO" <b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ	<b>Código Ensayo N°:</b> F-04 003 - 2023		
<b>Procedencia:</b> JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN <b>Coordenadas:</b> 18M 286673 - 9321983	<b>Calicata:</b> CALICATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 03) <b>Profundidad:</b> 1.50 Mts	<b>Tec. Responsable 1:</b> E. Ordoñez S. <b>Tec. Responsable 2:</b> F. Gallardo M.	
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR			



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASTHO T-180
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.804
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 16.22
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)</b>	: 1.714

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 2.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.7 %

**OBSERVACIONES:**



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*[Signature]*  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132   ASTM D-1883   AASTHO T-193)			
Tests: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N°: <b>F-05 003 - 2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>	Calicata: <b>GALIGATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 04)</b>		Tec. Responsable 1 <b>E. Ordoñez S.</b>
Coordenadas: <b>18M 286673 - 9321983</b>	Profundidad: <b>1.50 Mts</b>	Fecha: <b>05/06/2023</b>	Tec. Responsable 2 <b>F. Gallardo M.</b>

**CALCULO DEL CBR**

Condición de la muestra	6		5		4	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Moldes N°	6		5		4	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8584.6	8746.6	8419.3	9032.3	8560.4	9143.4
Masa de molde (g)	4193.0	4193.0	4194.9	4194.9	4553.5	4553.5
Masa del suelo húmedo (g)	4391.6	4553.6	4224.5	4837.5	4006.9	4589.9
Volumen del molde (cm3)	2096.0	2096.0	2123.0	2123.0	2123.0	2123.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.095	2.173	1.990	2.279	1.887	2.162
Tara (N°)	22	33	38	41	44	26
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,641.5	4,235.1	2,715.4	4,475.6	2,614.7	4,315.4
Masa suelo seco + tara (g)	2,304.5	3,489.6	2,372.2	3,475.8	2,283.0	3,330.1
Masa de tara (g)	228.4	514.7	253.6	248.6	236.5	257.9
Masa de agua (g)	337.0	745.5	343.2	999.8	331.7	985.3
Masa de suelo seco (g)	2076.1	2974.9	2118.6	3227.2	2046.5	3072.2
Contenido de humedad (%)	16.23	25.06	16.20	30.98	16.21	32.07
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.803	1.737	1.712	1.740	1.624	1.637

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
01/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
02/06/23	12:30	24	459	11.659	10.138	689	17.501	15.218	730	18.542	16.123
03/06/23	12:30	48	598	15.189	13.208	904	22.962	19.967	1015	25.781	22.418
04/06/23	12:30	72	728	18.491	16.079	1028	26.111	22.705	1143	29.032	25.245
05/06/23	12:30	96	872	22.149	19.260	1135	28.829	25.069	1289	32.741	28.470

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-04	
	STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		10.2	10.3			8.2	8.3	*		5.5	5.6		
1.270	0.050		18.6	18.7			17.5	17.6			9.7	9.8		
1.905	0.075		25.2	25.3			23.6	23.7			12.6	12.7		
2.540	0.100	70.455	28.4	28.5	-	2.0	26.1	26.2	-	1.9	17.3	17.4	-	1.2
3.810	0.150		37.2	37.3			32.5	32.6			22.3	22.4		
5.080	0.200	105.68	45.5	45.6	-	2.2	41.8	41.9	-	2.0	29.5	29.6	-	1.4
6.350	0.250		52.4	52.5			45.6	45.7			34.1	34.2		
7.620	0.300		61.5	61.6			51.6	51.7			39.4	39.5		
10.160	0.400		72.3	72.4			60.4	60.5			44.6	44.7		
12.700	0.500		83.4	83.5			70.3	70.4			52.6	52.7		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

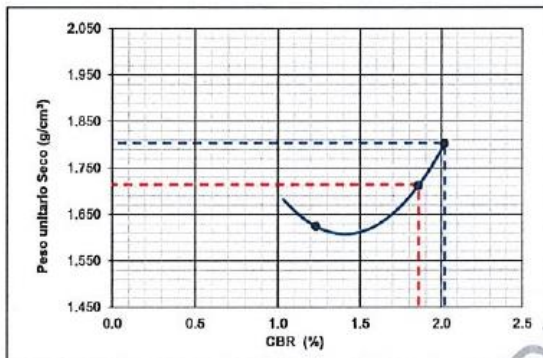
*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N°: <b>F-05 003 - 2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>	Callecra: <b>CALICATA 01 - 4% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 04)</b>	Tec. Responsable 1: <b>E. Ordoñez S.</b>	
Coordenadas: <b>18M 286673 - 9321983</b>	Profundidad: <b>1.50 Mts</b> Fecha: <b>05/06/2023</b>	Tec. Responsable 2: <b>F. Gallardo M.</b>	

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**

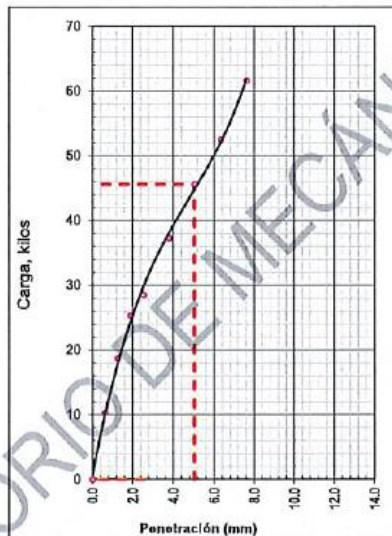


<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-160
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.804
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 16.22
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)</b>	: 1.714

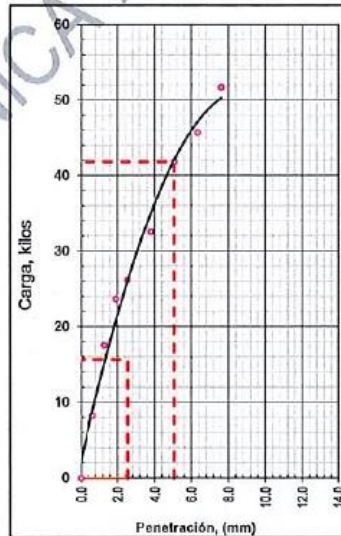
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 2.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.9 %

**OBSERVACIONES:**

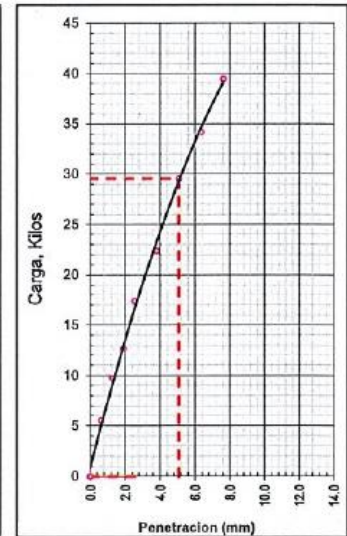
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

FORMATO

RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR

(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Tesis:	<b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N°:	F-06 003 - 2023
Solicitante:	<b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia:	<b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>	Calicata:	<b>CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 01)</b>	
Coordenadas:	<b>18M 286673 - 9321983</b>	Profundidad:	<b>1.50 Mts</b>	Fecha: <b>05/06/2023</b>
			Tec. Responsable 1 <b>E. Ordoñez S.</b>	
			Tec. Responsable 2 <b>F. Gallardo M.</b>	

CALCULO DEL CBR

Molde N°	9		8		7	
	5		5		5	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8575.6	8969.2	8331.0	8902.7	8142.0	8692.1
Masa de molde (g)	4190.6	4190.6	4182.5	4182.5	4187.1	4187.1
Masa del suelo húmedo (g)	4385.1	4778.7	4148.5	4720.2	3954.9	4505.0
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2123.0	2123.0	2115.0	2115.0	2123.0	2123.0
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.066	2.251	1.961	2.232	1.863	2.122
Tara (N°)	43	101	666	22	39	28
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,402.6	3,979.9	2,147.0	4,129.1	1,790.2	4,325.2
Masa suelo seco + tara (g)	2,101.3	2,996.6	1,881.4	3,202.5	1,573.7	3,558.0
Masa de tara (g)	221.6	0.0	228.9	0.0	229.8	0.0
Masa de agua (g)	301.2	983.3	265.6	926.6	216.5	767.2
Masa de suelo seco (g)	1879.7	2996.6	1652.5	3202.5	1343.9	3558.0
Contenido de humedad (%)	16.02	32.81	16.07	28.93	16.11	21.56
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.780	1.695	1.690	1.731	1.604	1.746

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
01/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
02/06/23	12:30	24	529	13.437	11.684	991	25.171	21.888	927	23.546	20.475
03/06/23	12:30	48	634	16.104	14.003	1027	26.086	22.683	944	23.978	20.850
04/06/23	12:30	72	849	21.565	18.752	1058	26.873	23.368	951	24.155	21.005
05/06/23	12:30	96	964	24.486	21.292	1066	27.076	23.546	964	24.486	21.292

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-09		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-07	
	STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		10.9	11.0			4.6	4.7			2.8	2.9		
1.270	0.050		18.6	18.7			8.9	9.0			6.4	6.5		
1.905	0.075		24.1	24.2			10.7	10.8			9.2	9.3		
2.540	0.100	70.455	28.4	28.5	-	2.0	13.5	13.6	-	1.0	10.2	10.3	-	0.7
3.810	0.150		38.0	38.1			18.0	18.1			14.5	14.6		
5.080	0.200	105.68	44.3	44.4	-	2.1	20.4	20.5	-	1.0	18.1	18.2	-	0.9
6.350	0.250		48.0	48.1			21.4	21.5			19.9	20.0		
7.620	0.300		52.0	52.1			22.6	22.7			21.3	21.4		
10.160	0.400		57.2	57.3			23.0	23.1			23.1	23.2		
12.700	0.500		67.2	67.3			24.0	24.1			25.9	26.0		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

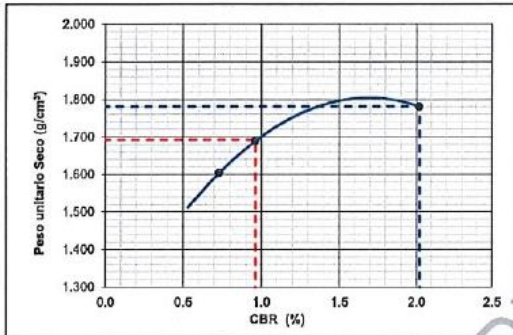
Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis:	"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"	Código Ensayo N°:	F-06 003 - 2023
Solicitante:	KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ		
Procedencia:	JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata:	CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 01)
Coordenadas:	18M 286673 - 9321983	Profundidad:	1.50 Mts
		Fecha:	05/06/2023
		Tec. Responsable 1:	E. Ordoñez S.
		Tec. Responsable 2:	F. Gallardo M.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

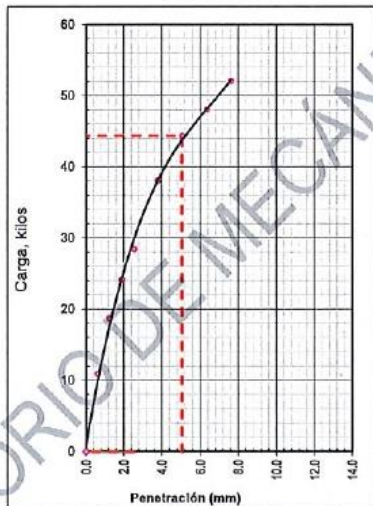


METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.781
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 16.00
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm³)	: 1.692

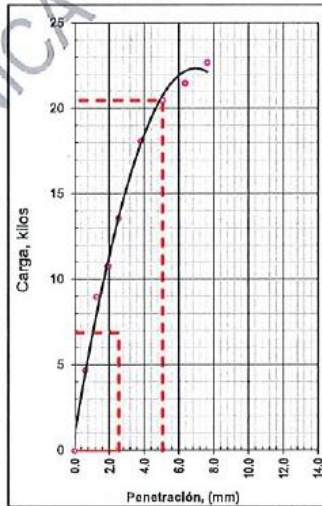
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 2.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.0 %

OBSERVACIONES:

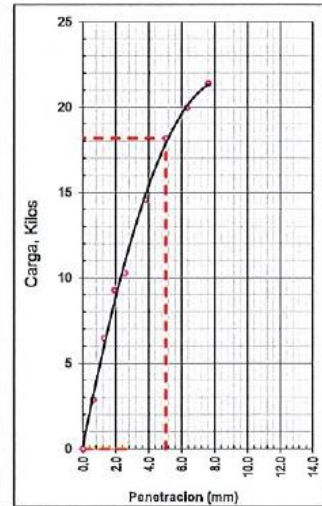
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS															
FORMATO															
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
Tesis: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>										Código Ensayo N°: <b>F-07 003 - 2023</b>					
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>															
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>				Calicata: <b>CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 02)</b>						Tec. Responsable <b>1 E. Ordoñez S.</b>					
Coordenadas: <b>18M 285673 - 9321983</b>				Profundidad: <b>1.50 Mts</b>		Fecha: <b>12/05/2023</b>		Tec. Responsable <b>2 F. Gallardo M.</b>							
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	3			2			1								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO					
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8873.3			9563.1			8725.0			9273.5			8512.0 9143.0		
Masa de molde (g)	4497.2			4497.2			4606.0			4606.0			4557.6 4557.6		
Masa del suelo húmedo (g)	4376.2			5066.0			4119.0			4667.5			3954.4 4585.4		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2118.0			2118.0			2098.0			2098.0			2125.0 2125.0		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.066			2.392			1.983			2.225			1.861 2.158		
Tara (N°)	56			26			38			16			39 28		
Masa suelo húmedo + tara (g)	1,780.6			4,356.3			2,250.3			4,200.1			1,790.2 4,138.9		
Masa suelo seco + tara (g)	1,548.2			3,498.1			1,969.5			3,294.4			1,574.4 3,147.4		
Masa de tara (g)	222.3			0.0			218.1			0.0			229.8 0.0		
Masa de agua (g)	212.4			868.2			280.8			905.7			215.8 991.5		
Masa de suelo seco (g)	1325.9			3498.1			1751.4			3294.4			1344.6 3147.4		
Contenido de humedad (%)	16.02			24.53			16.03			27.49			16.05 31.50		
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.781			1.921			1.692			1.745			1.603 1.641		
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
				mm	%		mm	%		mm	%				
08/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	
09/06/23	12:30	24	671	17.043	14.820	817	20.752	18.045	931	23.647	20.563				
10/06/23	12:30	48	734	18.644	16.212	896	22.758	19.790	1036	26.314	22.882				
11/06/23	12:30	72	874	22.200	19.304	928	23.571	20.497	1025	26.035	22.639				
12/06/23	12:30	96	975	24.765	21.535	1025	26.035	22.639	1123	28.524	24.804				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-03		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-01		
	mm	pulg.	STAND.	CARGA	CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		
			kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000			0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025			10.6	10.7			6.3	6.4			4.3	4.4		
1.270	0.050			16.8	16.9			11.7	11.8			7.5	7.6		
1.905	0.075			21.9	22.0			14.4	14.5			9.3	9.4		
2.540	0.100	70.455		24.3	24.4	-	1.7	15.9	16.0	-	1.1	10.9	11.0	-	0.8
3.810	0.150			28.0	28.1			20.3	20.4			13.9	14.0		
5.080	0.200	105.68		37.0	37.1	-	1.8	25.0	25.1	-	1.2	19.2	19.3	-	0.9
6.350	0.250			42.5	42.6			27.5	27.6			21.3	21.4		
7.620	0.300			44.6	44.7			29.6	29.7			24.7	24.8		
10.160	0.400			48.0	48.1			33.5	33.6			27.8	27.9		
12.700	0.500			56.9	57.0			38.5	38.6			31.4	31.5		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

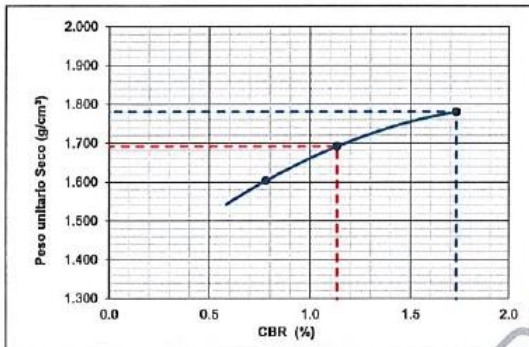
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*E. Ordoñez*  
**Eduardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*F. Gallardo*  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1683 / AASTHO T-193)			
Tesis: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N° : <b>F-07 003 - 2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>	Calicata: <b>CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 02)</b>	Tec. Responsable 1: <b>E. Ordoñez S.</b>	
Coordenadas : <b>18M 286673 - 9321983</b>	Profundidad : <b>1.50 Mts</b> Fecha : <b>12/06/2023</b>	Tec. Responsable 2: <b>F. Gallardo M.</b>	
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR			



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.781
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 16.00
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: 1.692

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 1.7 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.1 %

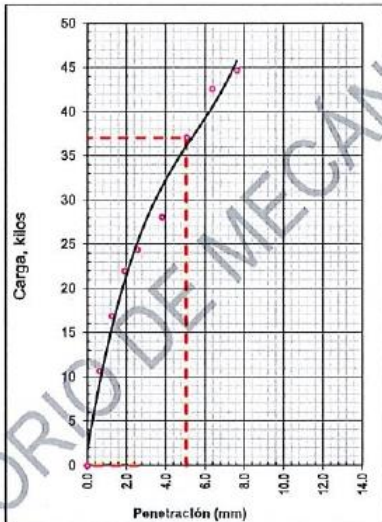
**OBSERVACIONES:**

---

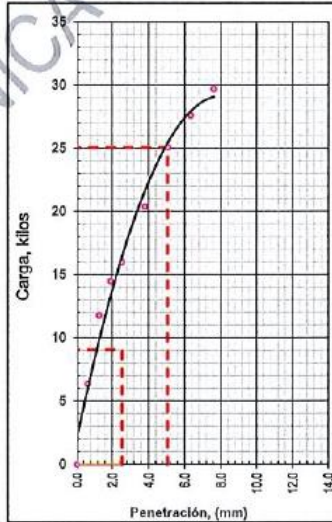


---

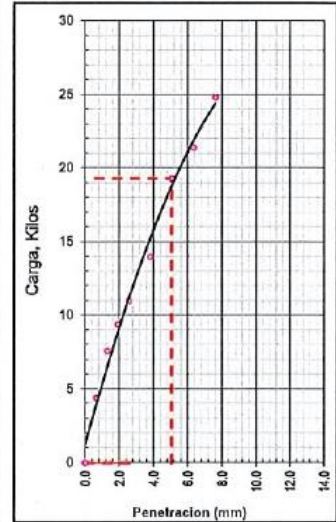
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*(Signature)*  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*(Signature)*  
**Freddy Luis Gallardo Meléndez**  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
FORMATO														
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
Tesis: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"										Código Ensayo N°: F-08 003 - 2023				
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ										Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S.				
Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN				Calicata: CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 03)						Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.				
Coordenadas: 18M 286673 - 9321983				Profundidad: 1.50 Mts		Fecha: 19/06/2023								
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	3			2			1							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO			SATURADO			NO SATURADO			SATURADO				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8877.0	9010.6	8719.0	9262.6	8512.0	9199.0								
Masa de molde (g)	4497.2	4497.2	4606.0	4606.0	4557.6	4557.6								
Masa del suelo húmedo (g)	4379.9	4513.5	4113.0	4656.6	3954.4	4641.4								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2118.0	2118.0	2098.0	2098.0	2125.0	2125.0								
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.068	2.131	1.960	2.220	1.861	2.184								
Tara (N°)	43	372	85	374	47	48								
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,228.7	4,741.5	2,494.3	4,514.4	1,857.6	4,235.6								
Masa suelo seco + tara (g)	1,951.7	3,937.6	2,181.3	3,621.7	1,632.6	3,276.6								
Masa de tara (g)	221.7	280.5	228.3	284.9	230.5	231.4								
Masa de agua (g)	277.0	803.9	313.0	892.7	225.0	959.0								
Masa de suelo seco (g)	1730.0	3647.1	1953.0	3336.8	1402.1	3045.2								
Contenido de humedad (%)	16.01	22.04	16.02	26.75	16.04	31.49								
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.782	1.746	1.690	1.751	1.604	1.661								
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
16/06/23	12:30	24	402	10.211	8.879	425	10.795	9.387	537	13.640	11.861			
17/06/23	12:30	48	544	13.818	12.015	633	16.078	13.981	699	17.755	15.439			
18/06/23	12:30	72	622	15.799	13.738	754	19.152	16.654	857	21.768	18.929			
19/06/23	12:30	96	793	20.142	17.515	820	20.828	18.111	1022	26.959	22.673			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-03		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-01	
	STAND.	CARGA	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN		
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		5.6	5.7			3.5	3.6			4.3	4.4		
1.270	0.050		9.9	10.0			9.7	9.8			7.5	7.6		
1.905	0.075		15.8	15.9			13.8	13.9			9.3	9.4		
2.540	0.100	70.455	19.8	19.9	-	1.4	15.8	15.9	-	1.1	10.9	11.0	-	0.8
3.810	0.150		24.5	24.6			18.2	18.3			13.9	14.0		
5.080	0.200	105.68	32.0	32.1	-	1.5	24.4	24.5	-	1.2	19.0	19.1	-	0.9
6.350	0.250		33.9	34.0			25.6	25.7			21.3	21.4		
7.620	0.300		35.4	35.5			26.4	26.5			24.7	24.8		
10.160	0.400		43.3	43.4			27.9	28.0			27.8	27.9		
12.700	0.500		50.7	50.8			31.9	32.0			31.4	31.5		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

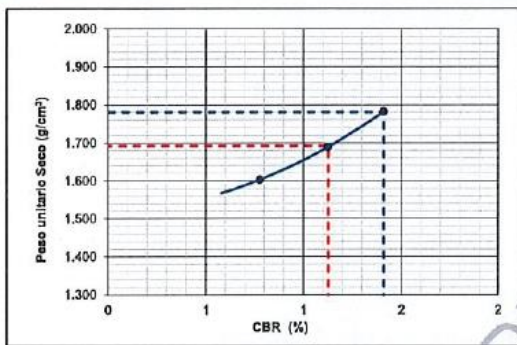
Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1683 / AASTHO T-193)			
Tesis: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N° : <b>F-08 003 - 2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b> Coordenadas: <b>18M 285673 - 9321983</b>	Calicafa: <b>CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 03)</b> Profundidad: <b>1.50 Mts</b>	Fecha: <b>19/06/2023</b> Tec. Responsable 1: <b>E. Ordoñez S.</b> Tec. Responsable 2: <b>F. Gallardo M.</b>	

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

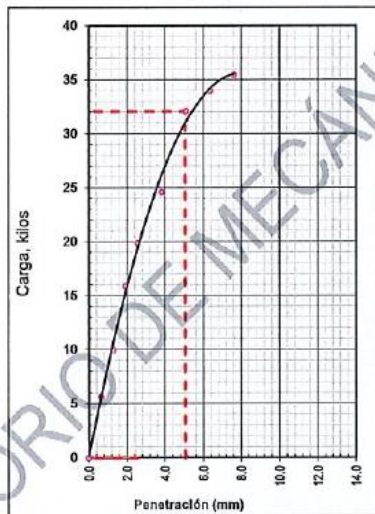


METODO DE COMPACTACION	: AASTHO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.781
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 16.00
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: 1.692

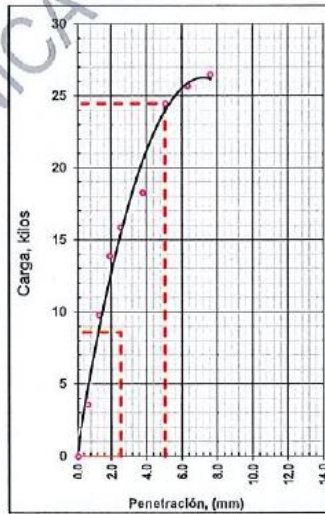
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 1.4 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.1 %

OBSERVACIONES:

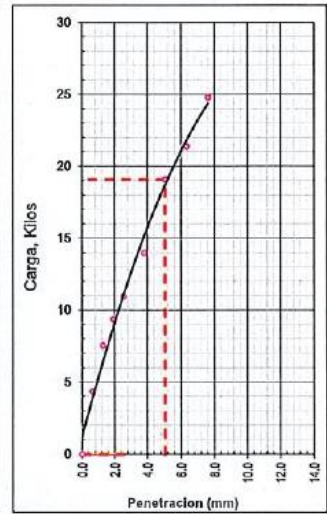
EC = 56 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Edgardo Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
FORMATO														
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132   ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
<b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"										<b>Código Ensayo N°:</b> F-09 003 - 2023				
<b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANI MONTEZA FERNANDEZ														
<b>Procedencia:</b> JEPELAGIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN				<b>Calicata:</b> CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 04)				<b>Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S.</b>						
<b>Coordenadas:</b> 18M 286673 - 9321983				<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts				<b>Fecha:</b> 19/06/2023				<b>Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.</b>		
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	6				5				4					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8523.0		8628.4		8359.0		8516.3		8501.0		9048.0			
Masa de molde (g)	4193.0		4193.0		4194.9		4194.9		4553.5		4553.5			
Masa del suelo húmedo (g)	4330.0		4435.4		4164.2		4321.5		3947.5		4494.5			
Volumen del molde (cm3)	2096.0		2096.0		2123.0		2123.0		2123.0		2123.0			
Densidad húmeda (g/cm3)	2.066		2.116		1.961		2.036		1.859		2.117			
Tara (N°)	8		49		56		27		28		66			
Masa suelo húmedo + tara (g)	2.167.8		5.080.3		2.272.7		4.907.6		2.457.6		4.426.3			
Masa suelo seco + tara (g)	1.890.0		4.315.1		1.989.5		4.101.2		2.148.4		3.550.5			
Masa de tara (g)	218.0		670.0		222.3		655.8		221.5		365.1			
Masa de agua (g)	267.8		765.2		283.2		806.4		309.2		875.8			
Masa de suelo seco (g)	1672.0		3645.1		1767.2		3445.4		1928.9		3185.4			
Contenido de humedad (%)	16.01		20.99		16.02		23.40		16.04		27.49			
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.781		1.749		1.691		1.649		1.602		1.661			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
16/06/23	12:30	24	314	7.976	6.935	301	7.645	6.648	287	7.290	6.339			
17/06/23	12:30	48	375	9.525	8.283	363	9.220	8.018	328	8.331	7.245			
18/06/23	12:30	72	418	10.617	9.232	396	10.058	8.746	387	9.830	8.548			
19/06/23	12:30	96	451	11.455	9.961	424	10.770	9.365	412	10.465	9.100			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA	MOLDE N°		M-06		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-04	
		STAND.	CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		9.0	9.1			6.9	7.0			4.0	4.1		
1.270	0.050		17.4	17.5			15.6	15.7			8.5	8.6		
1.905	0.075		42.4	42.5			35.4	35.5			20.2	20.3		
2.540	0.100	70.455	66.0	66.1	-	4.7	54.2	54.3	-	3.8	35.9	36.0	-	2.6
3.810	0.150		101.2	101.3			67.4	67.5			46.5	46.6		
5.080	0.200	105.68	125.9	126.0	-	6.0	85.6	85.7	-	4.0	55.6	55.7	-	2.6
6.350	0.250		146.7	146.8			90.9	91.0			64.3	64.4		
7.620	0.300		165.6	165.7			102.4	102.5			72.6	72.7		
10.160	0.400		197.2	197.3			121.1	121.2			85.3	85.4		
12.700	0.500		228.4	228.5			146.7	146.8			98.6	98.7		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

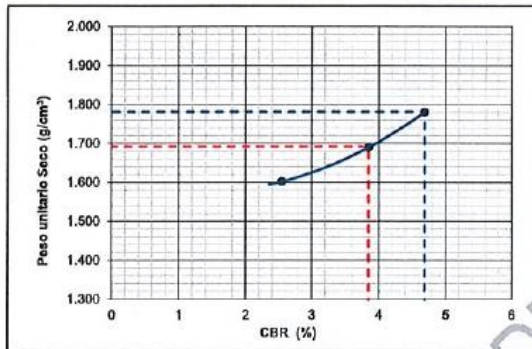
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Asistente Académico del Laboratorio  
 E. Ordoñez Serván

Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

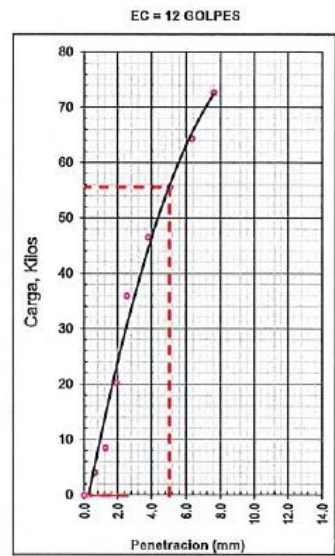
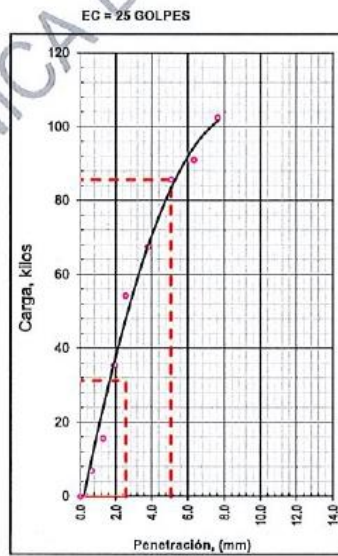
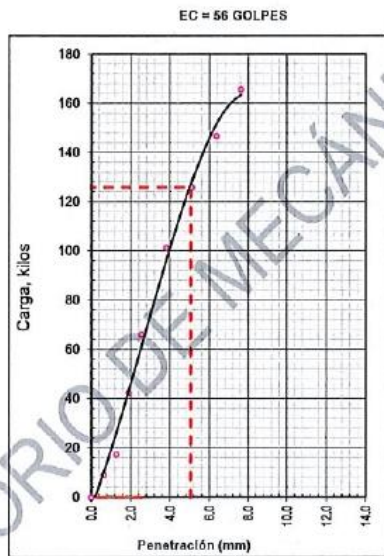
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1863 / AASTHO T-193)			
Tests: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N° : <b>F-09 003 - 2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b> Coordenadas: <b>18M 286673 - 9321983</b>	Calicata: <b>CALICATA 01 + 8% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 04)</b> Profundidad: <b>1.50 Mts</b>	Fecha: <b>19/06/2023</b> Tec. Responsable 1: <b>E. Ordoñez S.</b> Tec. Responsable 2: <b>F. Gallardo M.</b>	
<b>REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR</b>			



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.781
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 16.00
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)</b>	: 1.692

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 4.7 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 3.8 %

OBSERVACIONES:



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonato Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendo*  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS															
FORMATO															
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"						<b>Código Ensayo N°:</b> F-010 003-2023									
<b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ															
<b>Procedencia:</b> JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN			<b>Callecatá:</b> CALICATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 01)			<b>Tec. Responsable 1:</b> E. Ordoñez S.									
<b>Coordenadas:</b> 18M 236673 - 9321983			<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts			<b>Fecha:</b> 12/06/2023			<b>Tec. Responsable 2:</b> F. Gallardo M.						
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	6			5			4								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8469.0		8795.9		8304.3		8750.3		8442.0		8878.1				
Masa de molde (g)	4193.0		4193.0		4194.9		4194.9		4553.5		4553.5				
Masa del suelo húmedo (g)	4276.0		4602.9		4109.5		4555.5		3888.5		4324.6				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2096.0		2096.0		2123.0		2123.0		2123.0		2123.0				
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.040		2.196		1.936		2.146		1.832		2.037				
Tara (N°)	87		17		566		22		48		330				
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,506.0		4,416.4		2,579.7		4,210.9		2,898.1		4,013.9				
Masa suelo seco + tara (g)	2,163.1		3,564.7		2,226.0		3,304.9		2,326.4		3,049.6				
Masa de tara (g)	219.3		0.0		217.9		0.0		228.7		0.0				
Masa de agua (g)	342.9		851.7		353.7		906.0		369.7		964.3				
Masa de suelo seco (g)	1943.8		3564.7		2008.1		3304.9		2097.7		3049.6				
Contenido de humedad (%)	17.84		23.89		17.61		27.41		17.62		31.62				
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.734		1.773		1.646		1.684		1.557		1.548				
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
08/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
09/06/23	12:30	24	459	11.659	10.138	495	12.573	10.933	607	15.418	13.407				
10/06/23	12:30	48	547	13.894	12.082	589	14.961	13.009	614	15.596	13.561				
11/06/23	12:30	72	718	18.237	15.858	748	18.999	16.521	698	17.729	15.417				
12/06/23	12:30	86	827	21.006	18.266	912	23.165	20.143	727	18.466	16.057				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-06		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-04		
	mm	pulg.	STAND.	CARGA	Corrección	Corrección	STAND.	CARGA	Corrección	Corrección	STAND.	CARGA	Corrección	Corrección	
0.000	0.000			Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.635	0.025			0	0			0	0			0	0		
1.270	0.050			12.4	12.5			3.5	3.8			2.0	2.1		
1.905	0.075			19.0	19.1			7.2	7.3			6.5	6.6		
2.540	0.100	70.455		24.5	24.6			12.0	12.1			8.6	8.7		
3.810	0.150			28.1	28.2	-	2.0	15.6	15.7	-	1.1	10.2	10.3	-	0.7
5.080	0.200	105.68		35.1	35.2			18.1	18.2			12.4	12.5		
6.350	0.250			43.4	43.5	-	2.1	25.0	25.1	-	1.2	16.0	16.1	-	0.8
7.620	0.300			49.8	49.9			28.6	28.7			17.0	17.1		
10.160	0.400			52.4	52.5			32.5	32.6			18.4	18.5		
12.700	0.500			58.6	58.7			38.4	38.5			19.2	19.3		
				68.1	68.2			40.1	40.2			21.3	21.4		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

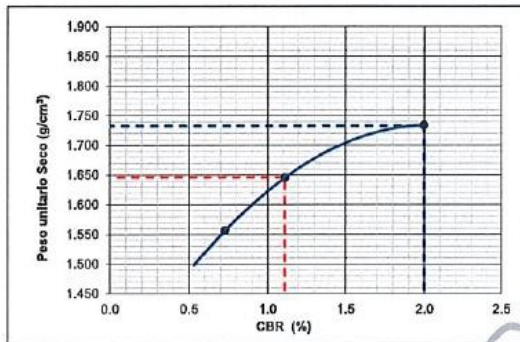
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en el Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-152 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Testa: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>	Código Ensayo N°: <b>F-010 003 - 2023</b>		
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b>	Calicatas: <b>CALICATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 01)</b>	Tec. Responsable 1: <b>E. Ordoñez S.</b>	
Coordenadas: <b>18M 286673 - 9321983</b>	Profundidad: <b>1.50 Mts</b> Fecha: <b>12/06/2023</b>	Tec. Responsable 2: <b>F. Gallardo M.</b>	
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR			

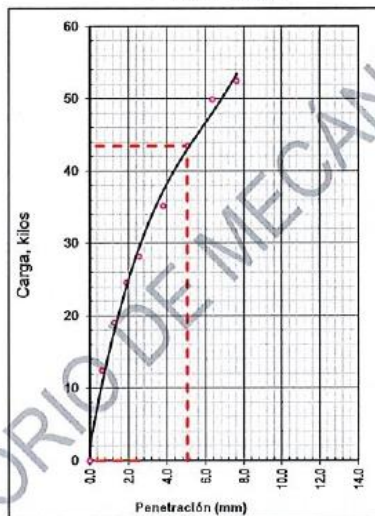


METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.733
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 17.63
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: 1.646

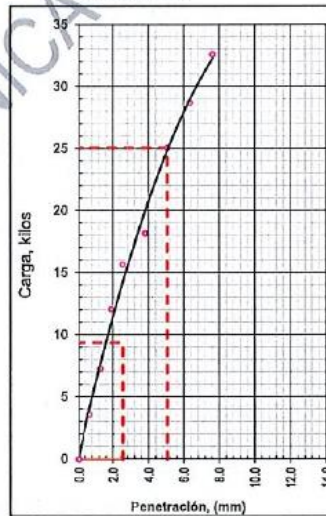
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 2.0 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.1 %

OBSERVACIONES:

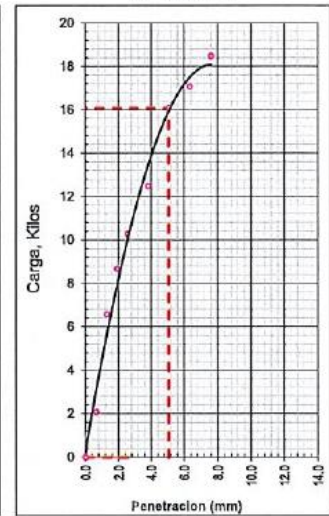
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASEALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Meléndez*  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

FORMATO  
**RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR**  
 (MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

Tests: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO" Código Ensayo N°: F-11 003 - 2023

Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ

Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN Calicata: CALICATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 02) Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S.

Coordenadas: 18M 286873 - 9321983 Profundidad: 1.50 Mts Fecha: 12/06/2023 Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.

**CALCULO DEL CBR**

Molde N°	9		8		7	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8521.0	8914.9	8274.3	8640.9	8084.1	8505.1
Masa de molde (g)	4190.6	4190.6	4182.5	4182.5	4187.1	4187.1
Masa del suelo húmedo (g)	4330.4	4724.3	4091.8	4458.4	3897.0	4318.0
Volumen del molde (cm3)	2123.0	2123.0	2115.0	2115.0	2123.0	2123.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.040	2.225	1.935	2.108	1.835	2.034
Tara (N°)	162	17	163	18	48	330
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,441.3	4,233.9	2,238.9	4,234.7	2,696.1	4,028.5
Masa suelo seco + tara (g)	2,108.5	3,325.9	1,937.8	3,323.6	2,326.4	3,042.2
Masa de tara (g)	221.8	0.0	228.5	0.0	228.7	0.0
Masa de agua (g)	332.8	908.0	301.1	911.1	369.7	986.3
Masa de suelo seco (g)	1886.7	3325.9	1709.3	3323.6	2097.7	3042.2
Contenido de humedad (%)	17.64	27.30	17.61	27.41	17.62	32.42
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.734	1.748	1.645	1.654	1.561	1.538

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
08/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
09/06/23	12:30	24	482	12.243	10.646	539	13.691	11.905	581	14.757	12.833
10/06/23	12:30	48	578	14.681	12.766	642	16.307	14.180	659	16.739	14.655
11/06/23	12:30	72	746	18.548	16.477	845	21.463	18.663	876	22.250	19.348
12/06/23	12:30	96	811	20.599	17.913	911	23.139	20.121	938	23.825	20.718

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-09		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-07	
	STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN		
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		9.6	9.7			4.8	4.9			2.2	2.3		
1.270	0.050		15.9	16.0			10.7	10.8			7.1	7.2		
1.905	0.075		19.0	19.1			14.6	14.7			9.4	9.5		
2.540	0.100	70.455	20.6	20.7	-	1.5	17.6	17.7	-	1.3	11.2	11.3	-	0.8
3.810	0.150		26.4	26.5			24.3	24.4			14.6	14.7		
5.080	0.200	105.68	32.8	32.9	-	1.6	30.2	30.3	-	1.4	18.6	18.7	-	0.9
6.350	0.250		38.4	38.5			34.5	34.6			20.3	20.4		
7.620	0.300		43.5	43.6			38.6	38.7			22.8	22.9		
10.160	0.400		48.6	48.7			42.3	42.4			25.3	25.4		
12.700	0.500		58.6	58.7			45.8	45.9			28.3	28.4		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

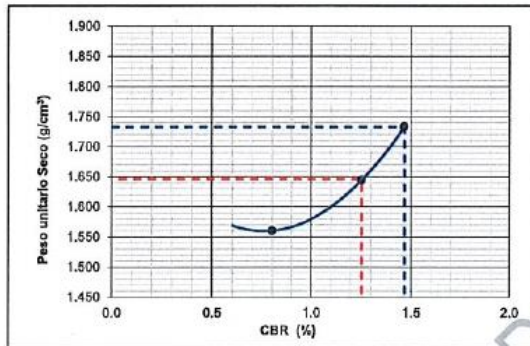
*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Testes:	"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"	Código Ensayo N°:	F-11 003 - 2023
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia:	JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata:	CALICATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 02)
Coordenadas:	18M 286673 - 9321983	Profundidad:	1.50 Mts
		Fecha:	12/06/2023
		Tec. Responsable 1:	E. Ordoñez S.
		Tec. Responsable 2:	F. Gallardo M.

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

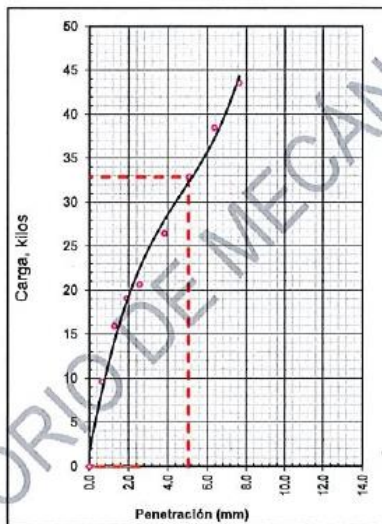


METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.733
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 17.63
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm³)	: 1.646

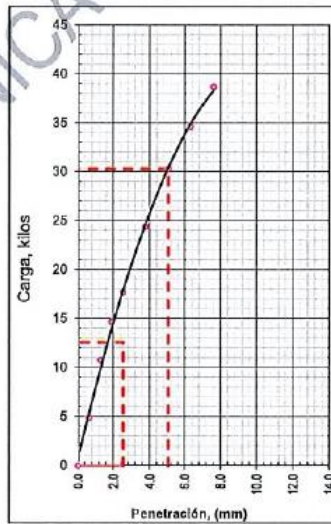
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 1.5 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.3 %

OBSERVACIONES:

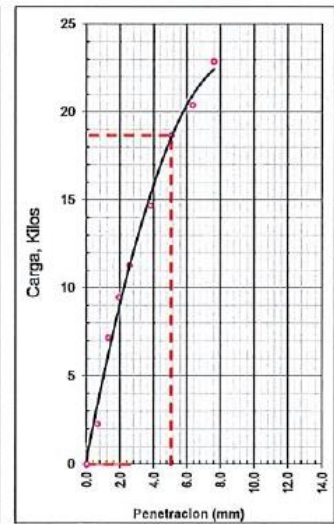
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Técnico Académico del Laboratorio

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
FORMATO														
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
<b>Tests:</b> "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO" <b>Solicitante:</b> KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ										<b>Código Ensayo N°:</b> F-12 003 - 2023				
<b>Procedencia:</b> JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN <b>Coordenadas:</b> 18M 286673 - 9321983				<b>Calicata:</b> CALICATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 03) <b>Profundidad:</b> 1.50 Mts <b>Fecha:</b> 19/06/2023				<b>Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S.</b>  <b>Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.</b>						
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	9			8			7							
Capas N°	5			5			5							
Golpes por capa N°	56			25			12							
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8515.0		9058.6		8275.2		8408.2		8081.8		8728.8			
Masa de molde (g)	4190.6		4190.6		4182.5		4182.5		4187.1		4187.1			
Masa del suelo húmedo (g)	4324.4		4868.0		4092.7		4225.7		3894.7		4541.7			
Volumen del molde (cm3)	2123.0		2123.0		2115.0		2115.0		2123.0		2123.0			
Densidad húmeda (g/cm3)	2.037		2.293		1.935		1.998		1.835		2.139			
Tara (N°)	162		17		163		18		48		330			
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,441.3		4,233.9		2,238.9		4,234.7		2,696.1		4,028.5			
Masa suelo seco + tara (g)	2,108.5		3,325.9		1,937.8		3,323.6		2,326.4		3,042.2			
Masa de tara (g)	221.8		0.0		228.5		0.0		228.7		0.0			
Masa de agua (g)	332.8		908.0		301.1		911.1		369.7		986.3			
Masa de suelo seco (g)	1886.7		3325.9		1709.3		3323.6		2097.7		3042.2			
Contenido de humedad (%)	17.64		27.30		17.61		27.41		17.62		32.42			
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.731		1.801		1.645		1.568		1.560		1.616			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
18/06/23	12:30	24	407	10.338	8.989	407	10.338	8.989	543	13.792	11.993			
17/06/23	12:30	48	648	16.459	14.312	589	14.961	13.009	748	18.999	16.521			
18/06/23	12:30	72	728	18.491	16.079	748	18.999	16.521	869	22.073	19.194			
19/06/23	12:30	96	793	20.142	17.515	820	20.828	18.111	957	24.308	21.137			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA		MOLDE N°		M-09		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-07	
	STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		8.5	8.6			7.2	7.3			5.5	5.6		
1.270	0.050		18.6	18.7			13.6	13.7			6.4	6.5		
1.905	0.075		25.7	25.8			17.7	17.8			10.0	10.1		
2.540	0.100	70.455	32.7	32.8	-	2.3	19.4	19.5	-	1.4	13.2	13.3	-	0.9
3.810	0.150		43.5	43.6			21.8	21.9			16.8	16.9		
5.080	0.200	105.68	52.1	52.2	-	2.5	31.8	31.9	-	1.5	21.4	21.5	-	1.0
6.350	0.250		59.6	59.7			36.8	36.9			25.0	25.1		
7.620	0.300		66.4	66.5			38.5	38.6			28.9	29.0		
10.160	0.400		80.6	80.7			42.2	42.3			30.5	30.6		
12.700	0.500		96.3	96.4			47.6	47.7			33.7	33.8		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMEGA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

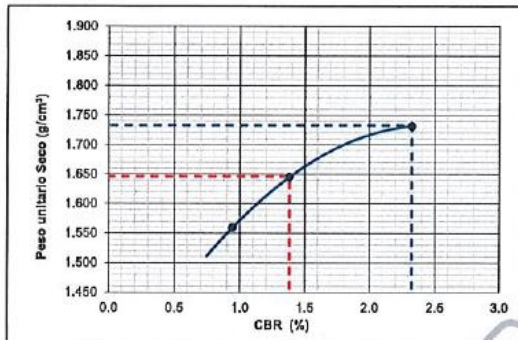
Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N°: <b>F-12-003-2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b> Coordenadas: <b>18M 286673 - 9321983</b>	Calicata: <b>CALICATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 03)</b> Profundidad: <b>1.50 Mts</b>	Fecha: <b>19/06/2023</b> Tec. Responsable 1: <b>E. Ordoñez S.</b> Tec. Responsable 2: <b>F. Gallardo M.</b>	

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**

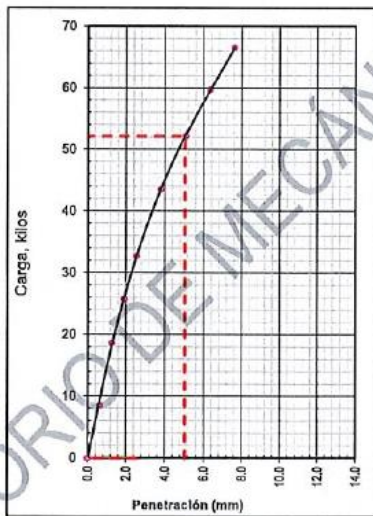


<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.733
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 17.63
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)</b>	: 1.646

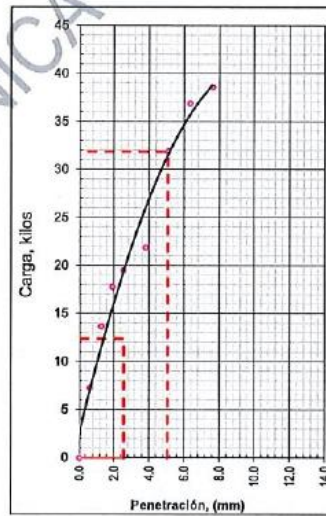
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 2.3 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 1.4 %

**OBSERVACIONES:**

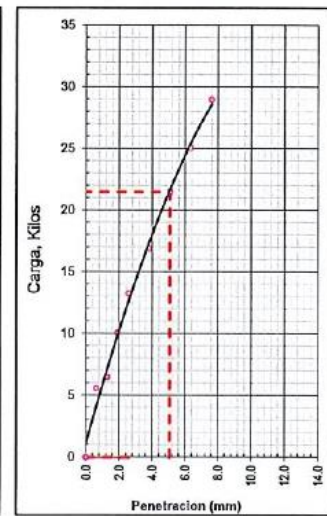
EC = 56 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Eduar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR			
(MTC E-132 / ASTM D-1583 / AASTHO T-193)			
Tests: "EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"		Código Ensayo N°: F-13 003 - 2023	
Solicitante: KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ			
Procedencia: JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN	Calicata: CALICATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 04)		Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S.
Coordenadas: 18M 286673 - 9321983	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 26/06/2023	Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.

**CALCULO DEL CBR**

Molde N°	3		2		1	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8816.0	9379.2	8671.1	8845.1	8464.1	9101.1
Masa de molde (g)	4497.2	4497.2	4600.0	4600.0	4557.8	4557.8
Masa del suelo húmedo (g)	4318.9	4882.1	4065.1	4239.1	3906.5	4543.5
Volumen del molde (cm3)	2118.0	2118.0	2098.0	2098.0	2125.0	2125.0
Densidad húmeda (g/cm3)	2.039	2.305	1.938	2.021	1.838	2.138
Tara (N°)	162	373	163	18	48	330
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,459.6	4,605.1	2,555.5	4,368.2	2,696.1	4,028.5
Masa suelo seco + tara (g)	2,124.0	3,826.4	2,207.0	3,479.6	2,326.4	3,042.2
Masa de tara (g)	221.9	282.3	228.5	300.4	228.7	0.0
Masa de agua (g)	335.6	778.7	348.5	888.6	369.7	986.3
Masa de suelo seco (g)	1902.1	3544.1	1978.5	3179.2	2097.7	3042.2
Contenido de humedad (%)	17.64	21.97	17.61	27.95	17.62	32.42
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.733	1.890	1.647	1.579	1.563	1.615

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
23/06/23	12:30	24	429	10.897	9.475	426	10.820	9.409	568	14.427	12.545
24/06/23	12:30	48	618	15.697	13.650	714	18.136	15.770	847	21.514	18.708
25/06/23	12:30	72	749	19.025	16.543	847	21.514	18.708	963	24.460	21.270
26/06/23	12:30	96	821	20.853	18.133	953	24.206	21.049	1027	26.088	22.683

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		CARGA STAND.	MOLDE N°		M-03		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-01	
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
mm	pulg.	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		9.8	9.9			6.5	6.6			4.5	4.6		
1.270	0.050		19.5	19.6			10.2	10.3			7.8	7.9		
1.905	0.075		27.8	27.9			16.4	16.5			11.2	11.3		
2.540	0.100	70.455	34.4	34.5	-	2.4	19.8	19.9	-	1.4	14.1	14.2	-	1.0
3.810	0.150		42.9	43.0			25.4	25.5			17.9	18.0		
5.080	0.200	105.68	52.4	52.5	-	2.5	32.3	32.4	-	1.5	23.5	23.6	-	1.1
6.350	0.250		58.0	58.1			35.6	35.7			26.7	26.8		
7.620	0.300		65.5	65.6			39.6	39.7			29.8	29.9		
10.160	0.400		81.2	81.3			41.5	41.6			31.4	31.5		
12.700	0.500		96.8	96.9			48.1	48.2			34.8	34.9		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASEALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 E.O. Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

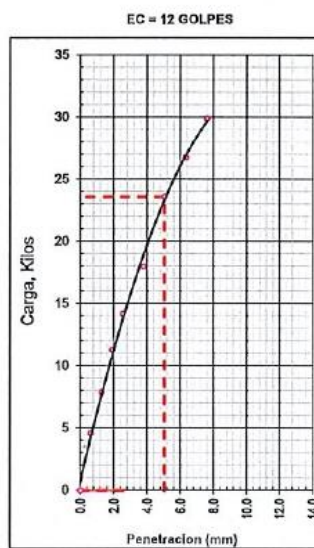
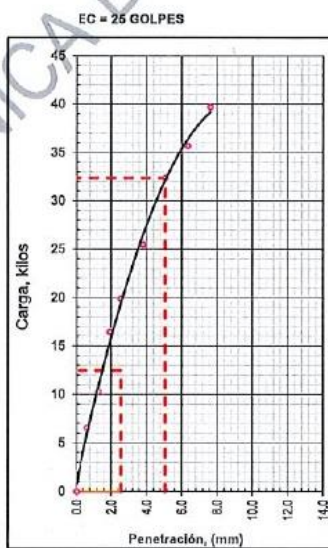
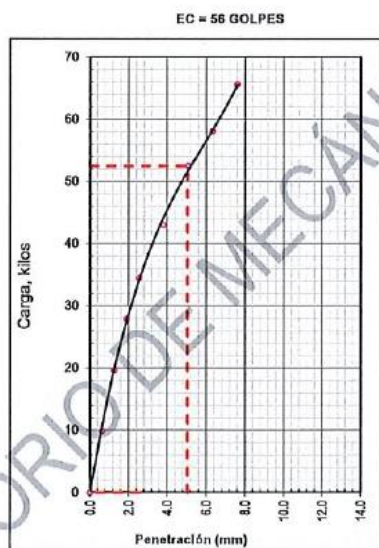
Freddy Luis Gallardo Melende  
 Técnico en Laboratorio





UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1083 / AASTHO T-193)			
Tesis: <b>"EVALUACIÓN DEL SILICATO DE SODIO EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE DEL SUELO ARCILLOSO"</b>		Código Ensayo N° : <b>F-13 003 - 2023</b>	
Solicitante: <b>KEIKO TATIANY MONTEZA FERNANDEZ</b>			
Procedencia: <b>JEPELACIO - MOYOBAMBA - SAN MARTIN</b> Coordinadas: <b>18M 286573 - 9321983</b>	Calicata: <b>CALIGATA 01 + 12% DE SILICATO DE SODIO (REPETICIÓN 04)</b> Profundidad: <b>1.59 Mts</b>	Fecha: <b>26/06/2023</b> Tec. Responsable 1: <b>E. Ordoñez S.</b> Tec. Responsable 2: <b>F. Gallardo M.</b>	



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Docente Titular Académico del Laboratorio

*[Signature]*  
**Freddy Luis Gallardo Melander**  
 Técnico en Laboratorio